

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

ANNÉE 1890

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1890

DEUXIÈME VOLUME

PARIS

SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ

10, CITÉ ROUGEMONT, 10

—

1890


HARVARD COLLEGE
FEB 16 1922
LIBRARY

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JUILLET 1890

N° 1

Sommaire des Séances du mois de Juillet 1890 :

13° *Nitrification des Koms ou anciens monticules égyptiens (analyse de la Note de M. Ventre-Bey sur la)*, par M. P. Buquet, et observations de MM. S. Périssé et Ch. Herscher. (Séance du 18 juillet, page 25.)

14° *Transmission électrique de Domène*, par M. A. Hillairet, et observations de MM. Haubtmann et J. Pillet. (Séance du 18 juillet, page 28.)

Pendant le mois de juillet, la Société a reçu :

31675 — De M. L.-L. Vauthier (M. de la S.). *Quelques Considérations élémentaires sur les constructions graphiques et leur emploi en statistique*. Grand in-8° de 28 p. Nancy, Berger-Levrault et Cie, 1890.

31676 — De M. A. Guy. *Le Sahara et la cause des variations que subit son climat depuis les temps historiques*. In-8° de 70 p. Oran, D. Eintz, 1890.

31677 — Du Ministre du Commerce, de l'Industrie et des Colonies. *Congrès international des électriciens, Paris, 1889. Comptes rendus des travaux, par J. Joubert*. Grand in-8° de 388 p. Paris, Gauthier-Villars, 1890.

31678 — De Cleveland Institution of Engineers. *Is it desirable that the Railway systems of Great Britain and the continent should be made continuous? and if so whether by a bridge or a tunnel across the Dover straits? by Jeremiah Head*. In-8° de 52 p. Middlesbrough, 1890.

31679 — De M. A. Vivien (M. de la S.). *Des chaux et mortiers, par Letac et Vivien*. In-8° de 28 p. Compiègne, H. Lefèvre, 1890.

31680 — Du Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. *Bulletin historique et scientifique de l'Auvergne, année 1889*. In-8°. Clermont-Ferrand, Bellet et fils.

31681 et 31682 — Du Même. *Mémoires de l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Clermont-Ferrand. Gautier de Biauzat, sa vie et sa correspondance, par Francisque Mège*, 1re et 2e parties. In-8°. Clermont-Ferrand, Bellet et fils, 1890.

31683 — De M. A. Vasset. *Analyse de l'avant-projet du pont sur la Manche*, publié dans le numéro du *Génie civil*, du 19 octobre 1889. In-4° de 12 p. autogr. Namur, 1890.

31684 — De M. L. Chenut (M. de la S.). *Commerce extérieur, par le comte Rochaïd*. Petit in-8° de 31 p. Paris, Chaix, 1890.

31685 — De M. Lencauchez (M. de la S.). *Communications de M. Lencauchez, faites les 4 et 11 septembre 1889, au Congrès international des mines et de la métallurgie*. In-8° de 48 p. Saint-Étienne, Théolier et Cie, 1890.

31686 — Du Même. *Rapport fait par M. E.-P. Bérard, au nom du Comité des arts chimiques, sur un four destiné à la fabrication du*

gaz d'éclairage, par A. Coze. In-4° de 7 p. avec pl. Paris, G. Chamerot, 1889.

31687 — De M. Cahen-Strauss (M. de la S.). *La Navigation maritime, par E. Lisbonne.* In-8° de 328 p. Paris, May et Motteroz, 1890.

31688 — De M. Ch. Lucas (M. de la S.). *Congrès international des Architectes, 1889. Procès-verbaux sommaires.* Paris, Imp. nat., 1890. In-8° de 46 p.

31689 — De M. Rémaury (M. de la S.). *Le Tonkin et la mère-patrie. Témoignages et documents,* (in-18 de 144 p.), par M. J. Ferry. Paris, V. Havard, 1890 (3e éd.).

31690 — De la *Chambre syndicale des constructeurs-mécaniciens, chaudronniers et fondeurs de Paris. Rapport présenté par une Commission spéciale chargée d'examiner la question des traités de commerce.* In-4° de 35 p. Paris, Ed. Rousset et Cie, 1890.

31691 — De l'*Institution of civil Engineers Minutes of Proceedings, vol. C. Part II, 1889-90.* In-8° de 534 p. avec pl.

31692 — De l'*Association française pour l'avancement des sciences. Compte rendu de la 18e session, 2e partie, 1889.* Gr. in-8° de 1 171 p. Paris, 1890.

31693 — De M. A. Gouvy (M. de la S.). *Zur Bestimmung der Härtungstemperaturen.* Gr. in-8° de 5 p. Düsseldorf, A. Bagel, 1890.

31694 — De M. Duvillard (M. de la S.). *Dérivations de Saint-Sernin et du Rançon.* Gr. in-4° de 281 p. avec pl. Creusot, A. Temporal, 1890.

31695 — De l'*Institut des actuaires français. Bulletin n° 1 de juillet 1890, 1re année.* In-8° de 28 p. Paris, L. Warnier, 1890.

31696 — De The Yale et Towne Mfg. C°. *Efficiency of Chain Blocks by Thurston.* In-8° de 16 p. Stamford, 1890.

31697 — De M. J.-E. Potain. *Poêle à gaz hygiénique sans communication à l'intérieur de la pièce à chauffer. Ventilation par l'air échauffé, système J.-E. Potain. Rapport de M. Prunier.* In-4° de 3 p. Paris, G. Chamerot, 1890.

31698 — De M. Em.-G.-R. Dollfus (M. de la S.), *Loi sur l'industrie pour l'Empire d'Allemagne.* P. in-8° de 313 p. Mulhouse, H. Stuckelberger, 1889.

31699 — De M. Vernon-Harcourt. *Effects of training walls in an Estuary like the Mersey.* In-8° de 9 p. London, Harrison and Sons, 1890.

31700 et 31701 — De M. A. Guettier (M. de la S.). *Le Constructeur-mécanicien.* Gr. in 8° de 410 p. avec atlas même format de 52 pl.

31702 et 31703 — *Le Fondeur en métaux.* Grand in-8° de 467 p. avec atlas même format de 52 pl. Paris, Bernard et Cie, 1890.

31704 Du même. ***Recueil de secrets, remèdes, observations physiques, machines nouvelles***, etc. Manuscrit écrit de 1690 à 1710, par M. F. de Moralec. Gr. in-4° de 871 p.

31705 — De M. Domergue, par M. Simon (M. de la S.). ***La Révolution économique***. In-8° de 424 p., avec annexes. Paris, Calmann Lévy, 1890.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de juillet sont :

Comme membres sociétaires :

MM. Ch. Beer,	présenté par MM.	Carimantrand, Lévi et Mougin.
A.-P.-V. Bricogne,	—	Ch. Bricogne, de Fonbonne et Petiet.
F. De la Brière,	—	Carimantrand, L. Laveissière et Mallet.
F.-A. Collomé,	—	Lévi, Carimantrand et Mallet.
G. Delabroise,	—	Rey, Bertrand de Fontviolant et Vallot.
G.-F. Forgue,	—	Bertrand de Fontviolant, Vigreux et Dujardin-Beaumetz.
Ch.-E. Guerner,	—	Contamin, Appert et Gouilly.
C. Knap,	—	Chapman, Aylmer et Vaslin.
S. Lopez,	—	Biarez, F. Parent et Carimantrand.
E. Stilmant,	—	Carimantrand, Lévi et Mallet.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUILLET 1890

Séance du 4 juillet 1890.

PRÉSIDENCE DE M. V. CONTAMIN

La séance est ouverte à huit heures et demie.
Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT annonce le décès M. A. Gillot, ancien maitre de forges, qui était des nôtres, depuis 1872. M. Gillot a beaucoup étudié les questions se rapportant à la carbonisation et à l'utilisation du bois, questions sur lesquelles il a publié un ouvrage très estimé et consulté avec profit par tous ceux qui s'occupent des combustibles. C'était un homme très sympathique; la Société partage les regrets que sa perte fait éprouver à ses amis et à tous ceux qui l'ont connu.

M. LANTRAC lit une notice sur les travaux de notre collègue, M. Félix Moreaux, dont le décès a été annoncé à la dernière séance; elle sera insérée *in extenso* au Bulletin.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Lantrac d'avoir retracé, d'une façon aussi éloquente que sympathique, la vie si bien remplie de M. Félix Moreaux.

M. LE PRÉSIDENT est heureux d'annoncer que des distinctions honorifiques ont été décernées à nos collègues :

M. A. Martin, nommé chevalier de l'ordre du Medjidié;

M. P. Chalain, nommé officier de l'instruction publique;

MM. C. Georgin, H. Vallot et H. Lasne, nommés officiers d'académie.

Il ajoute que des récompenses ont été décernées par la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale, dans sa séance du 13 juin dernier. Voici les noms de ceux de nos collègues qui figurent dans la liste des prix proclamés et remis aux intéressés par M. Haton de la Goupillière, le savant et très estimé Président de cette Société.

La grande médaille de mécanique (prix Prony) a été décernée à M. Frey pour l'ensemble de ses travaux mécaniques.

M. Ferdinand Carré a obtenu le prix Giffard de 6 000 francs décerné tous les six ans à la personne qui aura rendu des services signalés à l'industrie française.

M. Lantrac a reçu le prix consistant en une médaille d'or, fondé par les exposants de la classe 65 de l'Exposition universelle de 1867, sur l'initiative de M. Elphige Baud, en faveur de l'auteur des perfectionnements les plus importants au matériel et aux procédés du génie civil, des travaux publics et de l'architecture.

M. Imbs, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers, a été l'un des trois candidats auxquels a été décerné le prix, fondé par les exposants de la classe 27, à l'Exposition de 1867, en faveur de celui qui aura contribué le plus efficacement au développement ou au progrès de l'industrie cotonnière en France.

M. Brustlein, ingénieur-directeur des usines Jacob Holtzer et C[ie], a vu ses recherches et travaux récompensés par le prix de 3 000 francs, fondé pour la fabrication courante d'un acier de fer fondu doué de propriétés spéciales utiles pour l'incorporation d'un corps étranger.

M. Hallopeau, qui a rempli avec un si grand dévouement, pendant trois années et tant que son état de santé le lui a permis, les fonctions absorbantes de Trésorier de notre Société a obtenu un prix de 500 francs pour son intéressant ouvrage sur la métallurgie.

MM. Clémandot et de Baillehache ont reçu, à titre d'encouragement, l'un une somme de 1 500 francs, l'autre de 1 000 francs, sur le prix de 3 000 francs fondé pour un appareil susceptible d'annoncer automatiquement et d'une manière sûre et régulière à une distance quelconque le passage d'un train en marche,

MM. Richard frères ont obtenu le prix de 2 000 francs décerné pour un appareil permettant de transmettre à grande distance la pression d'un gaz ou d'une vapeur.

M. Berlier a reçu une médaille d'or pour l'ensemble de ses travaux sur les chemins de fer et les vidanges pneumatiques.

MM. Godillot et Bourdil, enfin, ont vu leurs beaux et intéressants travaux sur les foyers à combustion méthodique et sur un pulvérisateur pour le traitement du mildiew, récompensés chacun par une des médailles que cette Société décerne pour les inventions ou perfectionnements aux arts industriels.

Ces récompenses, dont la haute valeur professionnelle des jurés relève encore le prix, honorent non seulement ceux à qui elles sont accordées, mais aussi la Société des Ingénieurs civils qui peut, à juste titre, se montrer fière de compter tant de lauréats dans son sein. C'est avec la plus vive satisfaction qu'elle leur adresse ses meilleurs et plus sympathiques compliments.

M. le Président a la satisfaction de terminer ces communications par l'annonce d'un don de 100 francs que notre collègue, M. Ch. Macler, a eu la généreuse pensée de faire à la Société. Il l'a vivement remercié de ce souvenir bienveillant donné à nos intérêts financiers.

M. le Président, avant d'aborder les communications à l'ordre du jour, demande à la Société si elle veut bien accorder quelques moments d'attention à un exposé fort court que M. L. Leygue est disposé à lui faire sur un voyage d'études qu'il vient d'entreprendre dans la vallée du Nil. Les renseignements qu'il a pu recueillir semblent assez intéressants pour justifier cette faveur.

La parole est accordée à M. L. Leygue.

M. L. Leygue rappelle que la vallée du Nil, qu'il vient de remonter jusqu'à la deuxième cataracte, comprend trois grandes divisions : l'*Egypte*, de la mer à Assouan (kil. 1 208 du Nil), la *Nubie*, d'Assouan à Khartoum (kil. 3 000 du Nil) et le *Soudan*, de Khartoum au Karagoué, affluent du lac Victoria (kil. 7 000 du Nil). Chacune de ces régions se subdivise en Basse et Haute-Egypte, Basse et Haute-Nubie, Bas et Haut-Soudan.

Le Nil n'est réellement formé qu'à l'aval de Khartoum, au confluent du *Nil bleu*, qui descend du Haut-Soudan, et du *Nil blanc*, qui descend des plateaux élevés de l'Abyssinie; entre Khartoum et Berber, le Nil reçoit son dernier affluent, l'Atbara (kil. 2 668 du Nil). La concordance plus ou moins exacte des crues de ces trois rivières produit la crue du Nil, dont le niveau, au kilomètre de Rhoda, près le Caire, varie de 20,12 *m* à 17,95 *m*; cet écart de 2,17 *m* sur une surélévation moyenne de 7,10 *m*, suffit pour que la crue soit dangereuse, bonne ou insuffisante.

L'Égypte cultivable s'étend d'Assouan à la mer, sur 2 400 000 *ha* environ : 1 400 000 dans le Delta et 1 000 000 dans la vallée; c'est environ le cinquième de l'Egypte cultivée des Ptolémées ; la population a diminué dans le même rapport.

Au-dessus d'Assouan, le Nil s'encaissant chaque jour davantage, la Nubie, autrefois si fertile, est aujourd'hui envahie par le désert et ne présente plus, sur les deux rives du Nil, que des rubans de verdure étroits et espacés.

Dans cet état de choses, dès 1849, le vice-roi Méhémet-Ali a pris l'initiative de remédier au défaut d'étendue du sol par l'intensité de sa production. Par la construction du grand barrage à la pointe du Delta, il a substitué, dans la Basse-Égypte, la culture par *irrigation* à la culture traditionnelle par *submersion*. Ses successeurs ont suivi la voie ouverte et Ismaïl-Pacha (1867) a fait ouvrir, entre Siont et Beni-Souef, le grand canal Ibrahimieh qui, à raison de 50 m^3 à la seconde, irrigue avec ses dépendances, 180 000 *ha* de vallée, soit un cinquième de la Haute-Egypte.

Cette transformation des moyens de culture a augmenté considérablement la puissance productrice du pays en rendant le sol cultivable toute l'année et, comme conséquence, en permettant les cultures d'été (cotons et cannes à sucre) les plus rémunératrices. Depuis lors, ce n'est plus le régime des hautes eaux seul qui intéresse l'Égypte, mais aussi, et plus encore, le régime d'étiage.

Or, on constate l'abaissement progressif des eaux d'étiage dans la vallée. D'autre part, et dans un ordre différent d'idées, les sphères des intérêts étrangers menacent le Haut-Nil. L'aménagement des eaux du

Nil est donc devenu une question pressante au double point de vue des irrigations et de la navigation entre la mer et Khartoum.

Dans son ensemble; le problème se précise ainsi : 1° dans la *Nubie*, relever le plan d'eau, rétablir les anciens bassins de culture, de manière à faire revivre ces territoires sous le même régime que les terres fertiles de l'Egypte ; 2° en *Égypte*, où toute l'énergie du peuple s'épuise à élever l'eau, étendre les irrigations et améliorer le régime d'étiage nécessaire aux irrigations actuelles et à la navigation ; 3° réglementer les crues du Nil ; 4° enfin, rendre le Nil navigable de la mer à Khartoum.

Conformément aux vues générales exprimées par Samuel Backer et suivies par MM. de la Mothe et Prompt, les ouvrages à exécuter consisteront simplement en barrages éclusés, créant une série de bassins étagés sur les différents gradins du Nil.

Les travaux et les nivellements exécutés depuis 1849 permettent aujourd'hui, sinon de rédiger un projet complet, du moins d'en apprécier les conditions générales avec certitude. On sait que les pentes du *Nil normal* varient de 0,068 *m* à 0,14 *m* par kilomètre, c'est-à-dire sont comparables avec celles de la Seine et de la Loire, tandis que *les cataractes*, sans chutes importantes, sont de simples *rapides*, en pentes de 0,20 *m* à 0,63 *m* par kilomètre, c'est-à-dire peuvent être comparées au Rhône entre Arles et Peyrache ; toutes sont praticables à l'étiage pour les petites embarcations, et en temps de crue pour les grandes barques. En outre, ces cataractes sont uniformément formées par l'étranglement du Nil entre des rochers de granit.

En choisissant ces étranglements pour les emplacements des barrages, on écartera les imprévus sur les fondations, et l'importance de chaque ouvrage sera réduite à 400 *m* environ de longueur moyenne. Les dépenses sont ainsi resserrées entre des limites étroites dont les projets définitifs ne sauraient s'écarter.

Dans le projet qui sert de base aux dernières évaluations, un premier barrage distributeur est prévu à Selselet (kil. 1 209 du Nil) ; il doit racheter la 1[re] cataracte et donner 50 m^3 par seconde aux terres de la Haute-Égypte, ce qui correspond, comme avec l'Ibrahimieh, à l'irrigation de 180 000 *ha;* en outre, il assurera 150 m^3 par seconde à l'étiage du Nil. Un deuxième barrage est prévu dans les gorges d'Ambarcab (kil. 1 262 du Nil) ; il créera une réserve de 1 600 000 000 m^3, nécessaire au débit des 200 m^3 précédents pendant les trois mois d'étiage.

En amont d'Ambarcab, jusqu'à Khartoum, 13 barrages, échelonnés suivant les gradins de la vallée, rachètent une différence de niveau de 127,75 *m* et franchissent les 2[e], 3[e], 4[e], 5[e] et 6[e] cataractes. Ils ramènent la pente du Nil à 0,078 *m* par kilomètre, c'est-à-dire à celle actuelle du Siout au Caire.

L'extension des irrigations et des cultures d'été doit assurer sans impôt ni emprunt les dépenses de premier établissement et d'exploitation.

Par ce qui précède, Messieurs, dit en terminant M. Leygue, j'espère vous avoir montré que la question des grands travaux du Nil paraît être définitivement sortie de la période des tâtonnements, et que le temps n'est pas éloigné où le Gouvernement égyptien, ne reculant pas devant

la tâche qui lui incombe, aura à se préoccuper des voies et moyens d'exécution.

Dans ma pensée, il conviendra, comme pour la création de notre réseau français de chemins de fer, d'associer intimement l'initiative privée à l'action de l'État égyptien, les capitaux privés et les finances publiques; mais vous savez à quelle réserve nous sommes tenus en ces natures de questions : je ne saurais donc insister davantage.

En terminant cette communication, je tiens à rendre hommage aux Ingénieurs de toute nationalité dont les études progressives ont définitivement conclu à la possibilité de l'irrigation de l'Égypte et de la navigation du Nil, sans que les travaux à faire et le chiffre des dépenses dépassent, loin de là, l'importance considérable des résultats à atteindre; et c'est avec un égal sentiment élogieux de leurs beaux travaux que je vous rappelle, entre autres, les noms de Samuel Backer, de Gotberg, Linant de Bellefonds, de la Mothe, Jacquet, Bray, Fowler, Scott-Montcreiff, colonel Ross, Willcok, Chenu, Barrois et Prompt.

M. le Président remercie M. Leygue des intéressantes considérations qu'il vient de développer sur les moyens d'augmenter la richesse d'une contrée où se trouvent engagés tant d'intérêts français.

M. le Président donne la parole à M. H. Remaury, pour présenter sa communication sur *la concession houillère de l'île de Kébao (Tonkin)*.

En prenant la parole devant ses collègues de la Société des Ingénieurs civils,

M. H. Rémaury tient à adresser ses vifs remerciements au comité et à son sympathique Président pour la récompense qui lui a été décernée dans la dernière séance.

M. Contamin, avec la bienveillance qui le caractérise, a accompagné la remise de la médaille d'or du Prix annuel d'un rappel élogieux des travaux miniers et métallurgiques de M. Rémaury dans l'Est de la France avant et après l'annexion.

Ces travaux de longue haleine avaient tenu longtemps M. Rémaury éloigné de ses collègues; il est heureux de les savoir appréciés par eux et rien ne pouvait lui être plus agréable que le jugement ainsi rendu par ses pairs; il leur en témoigne de tout cœur sa profonde reconnaissance.

Il va aborder ce soir un autre sujet que celui qu'il s'était tracé pour la suite de ses communications; ce n'est qu'une intercalation amenée par les circonstances; depuis environ un an il a dû s'occuper assidûment d'une très importante question, la mise en valeur de la concession houillère de l'île de Kébao (Tonkin). Cette question lui a semblé avoir un intérêt immédiat pour la Société, à laquelle rien de ce qui peut constituer la grandeur du pays ne reste étranger.

Le Tonkin a eu le malheur d'être trop mêlé aux querelles politiques ; il n'a pas encore gagné la faveur populaire. Un livre, paru récemment (1), donne de précieux renseignements sur son histoire, ses ressources et son

(1) *Le Tonkin et la mère patrie.* Jules Ferry. Paris, Victor Havard, avril 1890.

avenir; son auteur, M. Jules Ferry, a attendu cinq ans après sa chute du pouvoir sur la question du Tonkin, pour essayer de faire justice des calomnies accumulées sur cette conquête. Ce livre, déposé sur le bureau pour la bibliothèque, sera consulté avec fruit; il établit nettement la situation actuelle du Tonkin.

Relativement à ses richesses minérales la Société des Ingénieurs civils a déjà entendu, dans sa séance du 17 novembre 1882, le savant et regretté Edmond Fuchs, Ingénieur en chef des mines et professeur à l'École supérieure des mines, dont la mort prématurée en 1889 a été une si grande perte pour la science géologique.

M. Fuchs, assisté de M. Saladin, Ingénieur civil des mines, avait reçu la mission d'explorer les gîtes de combustibles reconnus ou soupçonnés au Tonkin et dans certaines parties de l'Annam, en étudiant aussi les gîtes métallifères de ces régions.

Les *Annales des mines* (1) de 1882 renferment un mémoire de ces Ingénieurs sur leur exploration qui a duré du mois de novembre 1881 au mois de mars 1882.

Dans ce mémoire est esquissée à grand traits la géologie du Tonkin.

On sait que le Tonkin, la plus importante vice-royauté de l'empire d'Annam, est constitué au moins dans sa partie inférieure, à partir de Manghao, par la vallée du fleuve Rouge. Sans entrer dans d'autres détails géographiques, il suffit de dire, avec les auteurs du mémoire, que ce royaume comprend tout le versant oriental du plateau du Laos et forme une bande de terre longeant la mer de Chine jusqu'au cap Padarang, et jouant, par rapport au Laos, un rôle analogue à celui de la Norwège par rapport à la Suède dans la péninsule scandinave.

L'échelle géologique des terrains constatés par les explorateurs part des schistes anciens superposés au granite à petits éléments qui forme l'ossature du promontoire de la baie de Tourane; viennent ensuite dans l'ordre de superposition le terrain dévonien, le calcaire carbonifère, les bassins houillers, grès et argiles versicolores, les terrains secondaires et tertiaires, enfin les alluvions de tout âge, soit anciennes soit modernes.

Les bassins houillers de l'Annam et du Tonkin sont décrits et étudiés dans le chapitre II du mémoire; celui du Tonkin avait été reconnu sur une longueur de plus de 100 *km* parallèlement à la côte; l'exploration de la limite Sud du bassin avait été seulement possible; du côté du Nord, les renseignements manquaient et il eût été trop dangereux de s'y aventurer.

A partir de Dong-Trieu le bassin se révèle par les affleurements du terrain houiller ou par les bords inclinés de la cuvette de calcaire carbonifère jusqu'à Quang-Yen, puis sans interruption jusqu'aux baies d'Hongay, Halong et Faitzilong, et se termine plus loin à l'île de Kébao qui se trouve à peu près à l'extrémité orientale du Tonkin.

On rencontre les couches de houille à la base de la puissante formation argilo-gréseuse qui repose en stratification discordante sur le calcaire carbonifère; en adoptant le nom de système de grès et argiles versicolores, M. Fuchs a voulu éviter un classement immédiat dans l'âge

(1) *Annales des mines*, tome II, 5e livraison de 1882.

géologique, tout en constatant l'analogie lithologique la plus complète avec les grès houillers typiques des bassins européens.

L'existence des houillères du Tonkin devait appeler l'attention du Ministre de la Marine et des Colonies sur les avantages qui résulteraient, pour notre marine, de leur mise en exploitation lorsque le pays serait pacifié.

L'arrêté du 6 septembre 1884 institua la Commission des mines de l'Annam et du Tonkin qui conclut à l'organisation d'un service des mines, sous la direction de M. E. Sarran, Ingénieur colonial des mines, dont la mission avait pour objet l'étude complète et détaillée du terrain houiller, la mise en exploitation d'une mine au compte de l'État et les levés préparatoires du lotissement des concessions à mettre ultérieurement en adjudication.

M. Sarran remplit sa mission dans les années 1885 et 1886 et il en rendit compte dans une étude sur le bassin houiller du Tonkin, avec planches et vues, qu'il publia en 1888 (1).

La planche I est la réduction des cartes dressées par l'état-major général du corps expéditionnaire; ces cartes à l'échelle de $\frac{1}{300\ 000}$ et de $\frac{1}{500\ 000}$, montrent, avec la netteté de nos belles cartes de France, le relief du sol, la situation des cours d'eau et les parties montagneuses qui encadrent le delta.

Sur cette planche la bande houillère, teintée en gris, englobe une bonne partie du cours de la rivière Claire venant de Tuyen-Quan, touche la ville de Sontay sur le fleuve Rouge, déjà grossi de la rivière Claire et de la rivière Noire avant d'arriver à Sontay, reprend alors les deux rives du fleuve Rouge jusqu'à son coude vers Hanoï, s'amincit à partir de la ville de Bac-Ninh, bien au-dessus de la ville de Quang-Yen, en se dirigeant vers la baie d'Halong, pour finir à l'île de Kébao.

Cette bande, d'une longueur supérieure à 200 *km*, est plate dans le delta et le voisinage des cours d'eau, elle se relève avec les collines et constitue les premiers contreforts du massif montagneux compris entre le delta et la frontière chinoise.

Les planches X et XI donnent le caractère variable et souvent grandiose et pittoresque des formes dues aux diverses natures des roches, tantôt abruptes quand elles sont calcaires, tantôt à pentes douces et à sommets arrondis si les grès et les schistes dominent.

M. Fuchs, dans son mémoire, compare le calcaire-marbre de l'Indo-Chine soit avec le calcaire dévonien de Givet, soit avec le calcaire carbonifère, et c'est au dernier qu'il rattache celui de l'Indo-Chine. Sa couleur est généralement gris noirâtre, parfois rose ou lilas pâle; son grain est fin et compact, sa dureté est accusée par les dentelures des couches disloquées et redressées; les ilots et les récifs du golfe du Tonkin, si chers aux pirates, sont les témoins éternels des soulèvements impétueux qui ont produit l'un des plus beaux paysages du monde avec ses falaises escarpées, ses longs couloirs et ses grottes légendaires.

(1) Challamet et Cie, éditeurs. Librairie coloniale, Paris.

M. Remaury montre, à l'aide de dessins et de photographies, le facies du pays dans la baie d'Halong et à Kebao, et il fait observer la répercussion de ces soulèvements dans les failles et brisures du *terrain houiller*.

Suivant l'effet de ces dislocations des couches de houille, il faut s'attendre, dans l'exploitation, à une quantité plus ou moins grande de menu et à la nécessité d'épuisements selon les niveaux d'eau, l'intensité des pluies et la compacité des terrains.

La partie du bassin qui va maintenant s'exploiter est concédée pour une part à la Société française des Charbonnages du Tonkin, et pour l'autre, à la Société anonyme de Kébao. Elle forme une zone allongée d'environ 70 *km* de long sur une largeur variable de 4 à 8 *km*, soit en surface 420 km^2. En comptant un minimum de 20 *m* de couches de houille, on doit estimer, au moins en quantité, qu'il existe au Tonkin un gisement houiller de premier ordre.

Si l'on rapproche les données des travaux faits jusqu'à ce jour dans les deux concessions, on distingue trois étages dans l'ordre de superposition des couches de houille.

1er Étage.

Le 1er étage, ou étage inférieur, présente d'abord des filets de charbon, alternant avec des lits schisteux ; lorsque la veine s'épaissit, elle ne donne qu'un combustible médiocre, contenant une forte proportion de cendres, difficile à enflammer et à brûler, tout au plus apte à la cuisson de la chaux.

Il ne faut compter cette ressource que pour mémoire.

2e Étage.

C'est l'étage le plus connu, celui dans lequel se trouvent à Kébao les principaux travaux entrepris jusqu'à ce jour; les couches y sont abondantes, et leur régularité assure une extraction de plusieurs siècles.

Elles se poursuivent sur toute l'étendue des deux concessions d'Hongay et de Kébao.

Les charbons de cet étage ont un fort pouvoir calorique ; les matières volatiles varient de 5 à 15 0/0, et la proportion de cendres de 3 à 12 0/0.

Ces chiffres varieront nécessairement encore avec la profondeur ; il devra être fait un choix judicieux des premières couches à exploiter.

Il semble, *a priori*, que les charbons de Kébao tiennent la corde dans les essais comparatifs des produits des diverses concessions (y compris celle de Tourane, dans l'Annam).

Leur teneur en cendres, leur dureté, leur bonne tenue au feu, facile à régler et à conduire sans modification des foyers, sont des gages de facile écoulement du gros.

Quant au menu, il faut l'estimer de un quart à un tiers de l'extraction et envisager, pour sa vente, le problème de sa transformation en briquettes.

Vingt et une couches ont été reconnues à Kébao dans ce 2e étage. Elles ont dû être relevées dans les ravins et arroyos au moment des basses mers, puis suivies, en faisant jouer la hache, au milieu des bois

et broussailles, en se guidant sur les bancs de grès grossier qui font saillie au jour.

L'amont-pendage, c'est-à-dire la quantité de combustible existant au-dessus des plus fortes marées, est relativement faible ; mais, pendant qu'elle sera prise en galeries déjà commencées, il y aura lieu d'établir un ou plusieurs sièges principaux d'extraction par puits.

3e *Étage.*

Les limites en sont encore imparfaitement déterminées à Kébao ; on a reconnu cinq couches dans la concession d'Hongay, dont l'une a une puissance de 4 *m*.

Leur parallélisme est une circonstance avantageuse pour l'exploitation ; quant à la qualité, elle est supérieure à celle des autres étages.

Après cet exposé général, M. Rémaury entre dans le détail des travaux entrepris à Kébao depuis le mois d'octobre 1889.

La concession date de l'année 1888; elle comprend les fonds et les tréfonds du territoire de l'île de Kébao.

La superficie a été évaluée à 25 000 *ha*, elle est probablement supérieure à ce chiffre. Le rôle de M. Rémaury comme Ingénieur-Conseil de la Société a commencé le 1er juin 1889. Pressé par l'heure, il expose rapidement tout ce qui a été fait depuis l'organisation de la mission chargée de se rendre à Kébao, de prendre possession de l'île et de procéder à la reconnaissance exacte de la concession, sur laquelle les documents étaient incertains.

Le chef de la mission est M. Sarran, déjà acclimaté par son premier séjour au Tonkin ; il est parti, le 25 août, sur *l'Oxus*, avec un jeune Ingénieur placé sous ses ordres, deux bons maîtres mineurs, et un chef sondeur.

Dès l'arrivée de la mission dans l'île de Kébao, le 2 octobre, un chef chinois s'est présenté avec autant d'ouvriers qu'il en fallait au début, et les travaux commençaient de suite.

Leur résultat est représenté par les plans, dessins et coupes mis sous les yeux de la Société ; le mémoire *in extenso* reproduira les plus essentiels à la description.

On peut dire que l'effort de cette première campagne a été considérable et heureux. Au Tonkin c'est le semestre d'octobre à avril qui convient le mieux aux travaux, forcément gênés ou interrompus par les chaleurs énervantes du semestre d'avril à septembre.

Il est probable que, lorsque les travaux souterrains seront suffisamment développés et convenablement ventilés, les ouvriers se les disputeront comme un bienfait nouveau et inespéré pendant les chaleurs.

En résumé, le gisement houiller du Tonkin se chiffre par milliards de tonnes. La qualité de la houille est convenable pour la marine et la plupart des besoins de l'industrie.

La main-d'œuvre est toute prête, il suffit de la bien encadrer et de la diriger.

Les Tonkinois n'osaient pas toucher à leurs richesses minérales ; ils les gardaient au grand dragon et ils avaient peur de couper la veine royale, c'est-à-dire de briser la destinée de la dynastie régnante.

Le moment est venu de détruire à jamais de telles superstitions ; après nos braves marins et soldats, c'est le tour des Ingénieurs et des chefs ouvriers ; ils sauront tenir haut et ferme au loin comme dans le pays le drapeau de la France, et au grand honneur du protectorat de la Mère Patrie.

M. le Président félicite M. Rémaury de l'attrait qu'il a su donner à sa communication si bien coordonnée et si clairement exposée. Les renseignements fournis ont non seulement vivement intéressé la Société, ils lui ont fait, de plus, éprouver la très douce satisfaction de voir des hommes de cœur et d'intelligence se dévouer à une œuvre d'un haut patriotisme. En mettant en exploitation nos richesses coloniales, ils créent, en même temps, d'importants débouchés à notre industrie nationale et rendent au pays un réel et grand service dont on doit leur être reconnaissant.

La Société sera toujours heureuse d'applaudir aux efforts de ceux de ses membres qui se dévouent à la mise en valeur des immenses richesses renfermées dans les nombreuses contrées relevant de la France. Rien ne saurait mieux augmenter la sympathie des populations de ces pays pour notre patrie.

M. le Président donne la parole à M. A. Mallet, pour présenter sa communication sur le *Développement de l'application du principe compound aux locomotives.*

M. A. Mallet tient à expliquer d'abord qu'en appelant l'attention de la Société sur le développement énorme, presque prodigieux, qu'a pris depuis quelques années l'application du système compound à la locomotive, il ne se propose nullement de faire double emploi avec les remarquables communications présentées l'année dernière, d'abord par M. Pulin, dans la séance du 17 mai, puis, dans celle du 21 juin 1889, par notre honorable Vice-Président, M. E. Polonceau. Son but est tout différent et il désire traiter la question à un point de vue plus général que ne s'étaient proposé de le faire ses collègues.

L'extension prise par la locomotive à détente en cylindres successifs est un fait qui n'est peut-être pas apprécié à sa juste valeur, surtout en France ; on croit généralement que c'est une question à l'étude, mais bien des membres de la Société seront étonnés d'apprendre que cette étude, si étude il y a, se fait à l'heure qu'il est sur presque un *millier* de locomotives.

Quand M. Mallet a eu l'honneur, à la fin de 1877, de traiter pour la première fois, dans cette enceinte, la question de la locomotive compound, il y avait trois machines de ce système en service depuis quelques mois, sur une très petite ligne d'intérêt local. L'année suivante, en 1878, une locomotive du même type figurait à l'Exposition universelle, dont elle était reconnue, d'un commun accord, constituer une des rares nouveautés.

Il y avait l'année dernière au Champ de Mars une quinzaine de locomotives à double expansion, tant exposées dans les galeries qu'en service sur le chemin de fer intérieur de l'Exposition. On peut estimer que

le total approximatif des locomotives de ce système et de modèles divers, tant en service qu'en construction, dépasse actuellement neuf cents, réparties entre soixante-dix et quatre-vingts administrations de chemins de fer, dont vingt ou vingt-cinq ont un nombre supérieur à dix et allant, pour quelques-unes à cinquante, cent et même, pour une, l'État prussien, à plus de deux cents. Les commandes de locomotives compound se font, dans certains pays, par dix, vingt, et même trente machines à la fois.

Il paraît difficile, en face d'une telle situation, de contester que le système qui nous occupe soit entré dès à présent dans la pratique des chemins de fer et de chercher à le maintenir dédaigneusement dans le domaine de l'expérimentation. Ses adversaires ont, il est vrai, la ressource suprême d'attribuer ce développement à un engouement. C'est une mode qui passera, disent-ils. La même prédiction a été faite sans succès pour bien des choses, il suffit de rappeler que c'est aussi ce qu'on disait, il y a vingt ou vingt-cinq ans, des machines compound appliquées à la marine. Elles ont passé, il est vrai, mais pas dans le sens qu'on entendait, elles ont été en partie remplacées par un autre progrès dans le même sens, la triple expansion.

Prétendrait-on sérieusement que les nombreux Ingénieurs qui emploient les locomotives à double expansion, quelques-uns par centaines, comme on vient de le voir, et dont la plupart (pour aller au-devant d'une objection trop facile) n'ont d'intérêt personnel d'aucune sorte dans la réussite du système, n'auraient pas envisagé tous les côtés de la question et se seraient lancés imprudemment et à l'aventure dans ces applications, comme tendraient à le laisser croire les arguments favoris des adversaires de la nouvelle machine ? Ce serait faire une injure bien gratuite à des collègues distingués et honorables. L'impression qui résulte de ces faits n'est-elle pas, au contraire, que ces objections doivent avoir bien peu de valeur réelle pour n'avoir pas, avec l'opiniâtreté et souvent le talent avec lesquels elles ont été soutenues depuis des années, réussi, non pas à arrêter, mais seulement à ralentir le développement presque foudroyant de la locomotive compqund ?

Il est indispensable d'ajouter que l'introduction de la double expansion sur les chemins de fer aura eu des conséquences plus étendues encore qu'on ne pouvait le soupçonner au début. Non seulement elle aura conduit à une amélioration de la locomotive considérée sous sa forme ordinaire, mais on lui devra, en outre, d'avoir amené, soit la création, soit la vulgarisation pratique de types spéciaux de machines dont l'emploi est de nature à amener des progrès considérables dans la construction et l'exploitation de certaines lignes de chemins de fer.

Tous les modèles de locomotives à double expansion peuvent être ramenés à trois groupes que M. Mallet avait indiqués déjà dans son mémoire de 1877, suivant une classification dont le point de départ est le nombre des cylindres.

I. — Machines a deux cylindres.

La forme à deux cylindres est celle sous laquelle les premières applications de la double expansion ont été faites aux locomotives ; on avait

souvent proposé d'opérer cette application sous d'autres formes, mais sans arriver à la réaliser, par suite de la crainte qu'inspirait un écart trop grand des dispositions ordinaires de ce genre de machines.

C'est à la fin de 1875 que furent commandées aux ateliers du Creusot par la Compagnie du chemin de fer de Bayonne-Anglet-Biarritz trois locomotives compound établies sur les plans de l'auteur et qui ne différaient des machines ordinaires que par le diamètre différent des deux cylindres et par la présence d'un appareil de mise en train permettant de faire fonctionner à volonté les machines comme des machines ordinaires, et leur donnant ainsi une faculté qu'on a pu critiquer plus tard, mais qui, on ne devrait pas l'oublier, a très certainement contribué pour une large part à faire adopter le système compound dans cette application qui a amené toutes les autres.

Les machines de Biarritz, dont les premiers résultats ont été rapportés dans le mémoire de 1877, ont été le point de départ de la locomotive compound à deux cylindres, le type le plus répandu, qui compte actuellement de 700 à 750 exemplaires, soit les huit dixièmes du nombre des locomotives à double expansion, et toutes ces machines n'ont fait que reproduire les caractères essentiels des premières en subissant seulement quelques modifications dans la disposition de l'appareil de mise en train et de la suspension des coulisses, cette dernière dans le but de donner les introductions relatives convenables pour les deux cylindres.

Depuis qu'à la suite du succès des machines de Biarritz, le type compound à deux cylindres a été reproduit en Angleterre sur une grande échelle, on a cherché à trouver à ce type une origine britannique, et on a voulu attribuer ce rôle de précurseur à la vieille machine à expansion continue de Samuel et Nicholson essayée en 1850. Cette machine n'avait que l'apparence d'une machine compound, elle n'en avait ni le caractère ni les avantages. Le principe de la double expansion est l'étagement des pressions et des températures, qui a pour objet de réduire les chutes dans les cylindres, comme deux écluses placées l'une à la suite de l'autre divisent la différence de niveau de deux biefs. Dans la machine de Nicholson, il n'y a, pour ainsi dire, pas détente successive, mais plutôt détente simultanée dans deux cylindres accolés et de capacité différente; c'est comme si on mettait les deux écluses l'une à côté de l'autre au lieu de les mettre à la suite. La différence de niveau des deux biefs ne serait pas divisée le moins du monde.

Il est singulier que cette revendication de priorité, qui ne repose sur rien et qui a été inventée uniquement pour les besoins de la cause, ait été reproduite sans examen par presque tous ceux qui ont traité la question des locomotives compound et même, il faut le dire, par des écrivains français. Le mémoire de 1877, comme si son auteur avait prévu l'abus qu'on ferait de la machine de Nicholson, avait pourtant eu la précaution d'indiquer quel était le caractère fondamental de ce système et en quoi il différait essentiellement de la machine compound.

L'appareil de mise en train des machines de Biarritz se composait d'un tiroir, dit de démarrage, qui, manœuvré par le chauffeur, permettait le double fonctionnement de la machine, soit avec admission de la

vapeur dans le petit cylindre seul et détente dans le grand, soit avec admission directe et évacuation directe pour les deux cylindres.

M. Mallet a remplacé plus tard cet appareil, un peu volumineux pour les grosses machines et exigeant une manœuvre de force, par un clapet séparant le réservoir intermédiaire du petit cylindre lorsqu'on admet la vapeur de la chaudière au grand cylindre, ce clapet étant relié à un clapet plus petit qui ouvre l'échappement direct du petit cylindre. La machine marche en compound ou en fonctionnement direct suivant la position de ces clapets, laquelle se trouve déterminée par la fermeture ou l'ouverture d'un petit régulateur auxiliaire amenant la vapeur de la chaudière au réservoir intermédiaire avec ou sans l'intervention d'un détendeur. Le démarrage n'exige donc que la manœuvre insignifiante d'une tringle ou d'un petit levier.

M. von Borries, après avoir employé sans grand succès diverses dispositions pour démarrer à la marche compound, a adopté un clapet de retenue semblable au précédent, mais placé entre le réservoir intermédiaire et le grand cylindre ; de plus, ce clapet est relié à un autre très petit qui amène la vapeur de la chaudière au grand cylindre. Il résulte de cet arrangement que, lorsqu'il n'y a pas de pression au réservoir, la vapeur de la chaudière poussant le petit clapet s'introduit au grand cylindre et, en même temps, ferme le grand clapet lequel empêche la pression de réagir derrière le petit piston et de s'opposer à son avancement. Dès que, la machine ayant démarré, l'échappement du petit cylindre se produit dans le réservoir, la pression s'y élève et, en ouvrant le grand clapet, ferme l'accès de la vapeur vive au grand cylindre et la marche compound se produit d'une manière automatique. Cette disposition est très employée ; elle porte le nom de Worsdell von Borries ; on peut lui reprocher de limiter la période où le petit piston fonctionne sans contre-pression à une durée extrêmement courte qui peut, suivant la position de la manivelle du petit cylindre, descendre à une fraction de tour de roue.

Récemment, M. Lindner a appliqué, sur les chemins de fer saxons et sur d'autres lignes, une disposition assez simple qui consiste à envoyer pour le départ la vapeur vive au réservoir intermédiaire par un petit robinet rattaché à la barre de changement de marche de telle sorte que ce robinet est ouvert lorsque le changement de marche est à fond en avant ou en arrière et se ferme dès qu'on ramène la vis ou le levier un peu plus près du centre. Pour éviter la réaction de la vapeur derrière le petit piston, on a soin de pratiquer dans les bandes du petit tiroir et à l'intérieur de celui-ci deux petits trous par lesquels la vapeur passe au départ et, s'introduisant simultanément sur les deux côtés du petit piston, met celui-ci en équilibre. Sur des machines de l'État bavarois, cette disposition a été modifiée par la maison Krauss et l'appareil de démarrage ainsi établi porte le nom de système Lindner-Krauss.

De même, pour le changement de marche, on emploie diverses dispositions, mais qui toutes se rattachent à deux classes, celles où les introductions convenables aux deux cylindres sont données par le machiniste, et celles où elles sont réglées automatiquement par le mécanisme lui-même ; il y a plusieurs solutions pour ces dernières ; le premier système

est celui qui donne les meilleurs résultats entre les mains de bons mécaniciens, mais le second est plus sûr dans la pratique.

Ce qu'il y a encore de mieux est de donner, lorsqu'on le peut, un rapport de 2,25 et plus entre les volumes des cylindres; dans ces conditions les deux distributions peuvent rester invariablement liées entre elles comme dans les machines ordinaires.

L'emploi de deux cylindres seulement dans les locomotives compound n'est limité que par les dimensions qu'on peut donner au grand cylindre. On a pu réaliser tous les types de locomotives dans ce système. On fait en Russie un grand nombre de machines à 8 roues couplées dont le cylindre à basse pression a 710 *mm* de diamètre; aux États-Unis, on a été, sur une machine récemment construite pour le *Michigan Central R.*, à 737. M. Mallet a étudié, avec M. Brunner, une machine à grande vitesse dont le grand cylindre, placé dans l'axe longitudinal, aurait 810 *mm* de diamètre.

La locomotive à double expansion, à deux cylindres, est née en France, on ne peut le contester sérieusement. Les auteurs étrangers font remarquer, non sans quelque malice, que c'est peut-être là qu'elle est le moins employée jusqu'ici. Il serait bien difficile d'en donner les raisons.

MACHINES A TROIS CYLINDRES.

La forme à trois cylindres est celle qui a été proposée la première. M. J. Morandière avait fait, dès 1866, un avant-projet de machine de ce genre. La première locomotive de cette catégorie a été exécutée en Russie, à l'usine Struwe, en 1881. La même année, M. Webb a construit la machine *Experiment*, la première du type célèbre employé couramment sur le *London and North Western*, en dehors duquel il ne s'est d'ailleurs pas répandu. Ce système a des qualités remarquables comme machine à grande vitesse, mais on peut lui reprocher non seulement une certaine difficulté de démarrage, mais surtout une période de mouvement saccadé et désagréable entre le démarrage proprement dit et le moment où une vitesse assez grande est atteinte. Cet effet est dû à la présence, dans un des deux groupes, d'un cylindre unique qui occasionne une variation considérable dans les moments de rotation autour de l'essieu, variation par laquelle la valeur du moment peut arriver à être deux fois par tour supérieure à l'adhérence, d'où résulte un glissement ou patinage périodique, jusqu'à ce que la vitesse soit telle que les roues forment suffisamment volant pour absorber l'excès d'effort exercé à ces positions. Cette difficulté ne se présente pas lorsqu'il y a deux cylindres accouplés à angle droit.

Il y avait, à l'Exposition de 1889, une machine à trois cylindres, un au centre et les autres sur les côtés, agissant tous sur le même essieu, accouplé avec deux autres, machine établie sur les plans de M. Sauvage, Ingénieur des ateliers du chemin de fer du Nord. Cette machine a été décrite par M. Pulin dans son mémoire inséré dans le Bulletin de mai 1889.

MACHINES A QUATRE CYLINDRES.

Les machines à quatre cylindres se divisent en deux groupes, selon qu'il n'y a qu'un mécanisme pour deux cylindres ou que chaque cylindre a son mécanisme particulier.

1re Classe. — Lorsqu'il n'y a qu'un mécanisme pour deux cylindres, ces derniers sont généralement disposés en prolongement l'un de l'autre, en *tandem*, selon l'expression usitée. C'est probablement la forme qui a été le plus souvent proposée ; elle a été réalisée récemment au chemin de fer du Nord sur des machines à 8 roues couplées fonctionnant dans le système Woolf ; on s'était surtout proposé d'augmenter la puissance de la machine, et on y a réussi d'une manière satisfaisante.

L'année dernière, les ateliers Baldwin, à Philadelphie, ont construit pour le *Baltimore and Ohio R.* une machine à quatre cylindres disposés par paires, le petit cylindre au-dessus du grand ; les tiges sont reliées à une traverse dont le milieu porte l'attache de la bielle motrice. Cette disposition parait inférieure à la précédente, sous certains rapports.

Cette classe de machines présente l'avantage, au moins avec les cylindres en tandem, de rendre un peu secondaire la considération de l'égale répartition du travail entre les deux pistons de chaque paire et de permettre de réaliser l'effort maximum en supprimant plus ou moins complètement les chutes de pression entre les cylindres. C'est une forme qui est, croyons-nous, appelée à se répandre, bien qu'elle soit peu employée jusqu'ici.

2e Classe. — Les machines à quatre cylindres où chacune a son mécanisme peuvent avoir diverses dispositions. Il a été fait exceptionnellement des machines où les quatre pistons agissaient sur un même essieu, mais généralement les deux cylindres à haute pression agissent sur un essieu et les cylindres à basse pression sur un autre essieu. Dans la machine 701 du chemin de fer du Nord décrite par M. Pulin, ces essieux ne sont pas accouplés entre eux ; au contraire, dans les machines construites par le chemin de fer de Paris-Lyon-Méditerranée, et dont deux figuraient à l'Exposition de 1889, on a accouplé les essieux entre eux dans le but d'obtenir une plus grande uniformité des moments de rotation.

Enfin les groupes d'essieux commandés par les deux paires de cylindres n'étant pas accouplés ensemble, peuvent, en outre, être portés par des châssis pouvant obliquer l'un par rapport à l'autre. C'est la disposition réalisée par M. Mallet dans sa locomotive compound articulée, appliquée d'abord sur les voies à faible écartement du type Decauville, puis sur la voie de 1 *m* et enfin sur la voie normale pour réaliser des machines de grande puissance. C'est une très notable simplification des modèles Fairlie et Meyer, en ce qu'il n'y a qu'un truck mobile au lieu de deux, et que le tuyautage flexible se réduit à une seule pièce ne contenant que de la vapeur à faible pression. Ce type, réalisé pour la première fois en 1887, est déjà reproduit sur près de cinquante machines de toutes dimensions depuis 9 *t* à vide jusqu'à 65. Il réunit ainsi les plus petites et les plus grosses compound construites jusqu'ici.

M. Mallet a cru intéressant de représenter à la même échelle ces deux extrêmes, la machine Decauville et la machine du Gothard, sur un dessin dont des exemplaires sont remis aux membres présents.

L'énorme développement qu'a pris si rapidement la locomotive à double expansion semble être la réfutation la plus éloquente des objections qu'on fait à son emploi ; néanmoins, M. Mallet tient à répondre aux arguments qui lui ont été opposés et qu'on trouve reproduits à la fin du mémoire de M. Polonceau, et, en le faisant, il déclare ne pas vouloir rendre le moins du monde solidaire de ces arguments l'honorable Vice-Président de la Société, lequel s'est défendu très nettement de faire partie des adversaires de la locomotive compound.

L'objection favorite est le prétendu manque d'élasticité de la locomotive à double expansion ; il y a là une erreur absolue ; cette machine, lorsqu'elle a une distribution par coulisse, a des limites de fonctionnement au moins aussi écartées que la machine ordinaire à distribution analogue, si on élimine pour celle-ci les phases où le fonctionnement serait par trop défavorable.

L'expérience directe réfute d'ailleurs cette objection et non seulement celle faite sur les locomotives, mais encore l'expérience journalière faite sur des locomobiles, des machines d'éclairage électrique, etc., effectuant un travail essentiellement variable et dans lesquelles on ne craint nullement aujourd'hui d'appliquer la double expansion.

Les conditions dans lesquelles ont été exécutés les essais qui ont fait constater des économies de combustible de 15 à 20 0/0 et encore plus, par des Ingénieurs tels que MM. de Borodine, Urquhart et bien d'autres, sont telles qu'on peut être assuré que ces économies sont bien réellement acquises. Si après des essais concluants, ces ingénieurs se sont décidés à généraliser l'emploi du compound sur leurs lignes, n'y a-t-il pas dans cette détermination un fait matériel qui vaut bien tous les raisonnements des adversaires du système ?

On peut signaler de la part de ceux-ci une singulière tactique. Ils semblent contester aujourd'hui à la machine compound une supériorité sur la machine ordinaire dans certains points sur lesquels on proclamait au contraire il y a quelques années l'infériorité de la première ; elle n'est pas plus stable, elle ne démarre pas mieux, elle n'est pas dans de meilleures conditions pour le tirage, etc., dit-on actuellement. Or, c'est précisément l'insuffisance de la stabilité, du démarrage et du tirage que l'on prétendait reprocher il y a quelques années à la locomotive compound. Nier sa supériorité à ces points de vue, n'est-ce pas admettre implicitement qu'elle n'a aucune infériorité ? Il y a donc progrès évident.

Il est certain qu'en théorie il y a bien des moyens d'améliorer le fonctionnement des locomotives, mais jusqu'ici il n'y a que le compound qui ait réussi en pratique. On lui reproche une complication qui n'existe pas, au moins sous certaines formes, et on ne craint pas de proposer à la place des mécanismes très ingénieux, mais qu'on aurait de la peine à faire passer pour bien simples ; d'ailleurs ces mécanismes, eussent-ils le succès le plus complet, ne rempliraient qu'une partie seulement du but réalisé par l'emploi de la double expansion.

On parait quelquefois disposé à faire bon marché de la condensation intérieure par les parois sous prétexte que, dans les locomotives, la vitesse de rotation est très considérable. Rien n'est mieux établi pourtant que ce phénomène, même dans les locomotives; les expériences de D. K. Clark, de Camille Polonceau au chemin de fer d'Orléans, du professeur Bauschinger, de M. de Borodine, etc., en font foi. M. Willans, dans des expériences récentes, a constaté que, même à quatre cents tours par minute, l'action des parois n'est pas annulée, et conclut que, pour une machine sans condensation fonctionnant à ces vitesses, il y a intérêt à employer la double expansion même à des pressions de vapeur modérées.

Il a été indiqué plus haut qu'on peut réaliser à peu près tous les types de locomotives avec deux cylindres seulement; dans ce cas les économies de combustible ne seront compensées par aucune augmentation des frais de graissage ou d'entretien; c'est l'avis unanime des Ingénieurs qui ont la pratique de ce genre de machines, et le Congrès international des chemins de fer a dû le reconnaître dans ses conclusions à la session qu'il a tenue à Paris l'année dernière.

Dans les machines à quatre cylindres, il y a évidemment une plus grande complication qui entraine des frais supplémentaires, mais on ne doit adopter cette solution que si elle est susceptible de fournir un avantage réel en dehors de l'économie, par exemple, une augmentation de puissance, une plus grande flexibilité, etc., et alors elle a sa raison d'être.

Une erreur assez répandue consiste à ne voir l'objectif du compound que dans la réduction de la dépense de combustible. Il y a des cas où, celui-ci ne coûtât-il rien du tout, il y aurait encore intérêt à employer la double expansion, par exemple, pour soulager des chaudières auxquelles le nature du service impose un travail à outrance. Un générateur auquel on ne craint pas de demander l'excessive vaporisation moyenne de 80 *kg* par mètre carré de surface de chauffe, ne se trouverait-il pas bien de n'avoir à en donner que 65 ? De même pour les énormes grilles qu'on ne sait plus comment loger. Enfin la question des approvisionnements d'eau et de charbon n'est point sans intérêt.

Les adversaires de la locomotive compound ont cru trouver des armes décisives dans les rapports des Ingénieurs en chef des Associations de propriétaires d'appareils à vapeur, MM. Bour et Walther-Meunier. Ces messieurs n'ont jamais eu en vue que les machines fixes, et les assimilations qu'on a cherché à faire avec les locomotives sont fort peu légitimes. Dans les machines compound fixes, il y a des conditions de distribution qui n'existent pas dans les machines des chemins de fer, notamment la commande par le régulateur. M. Bour, en expliquant pourquoi la double expansion convient particulièrement aux machines marines, a indiqué pour celles-ci un certain nombre de raisons qui se retrouvent presque sans exception sur les locomotives auxquelles tout ce qui est dit par cet Ingénieur semble s'appliquer, sans qu'il y ait un mot à changer.

Si on ajoute que M. Walther-Meunier déclare n'avoir, dans ce qu'il a avancé au sujet de la comparaison entre les machines à un seul cylindre

et les machines compound, voulu parler, ni des moteurs *à grande vitesse* ni des *très grandes puissances*, ce qui est précisément le cas des locomotives, on peut se demander si les adversaires de la locomotive à double expansion ont été bien inspirés en faisant intervenir dans la question les rapports des Ingénieurs en chef d'Associations, d'où on pourrait facilement tirer avec raison précisément le contraire de ce qu'on a voulu leur faire dire.

Il semble, en tout cas, qu'en fait de locomotives, il vaut mieux s'en rapporter aux opinions d'Ingénieurs de chemins de fer, surtout lorsque ces opinions sont basées sur les résultats d'une expérience personnelle prolongée. « Sur nos lignes Sud-Ouest Russes, disait l'année dernière notre collègue M. de Borodine au Congrès international des chemins de fer, nous avons une douzaine de locomotives compound en service depuis plusieurs années déjà; elles donnent des résultats si satisfaisants que toutes celles que nous construirons à l'avenir seront de ce système. Je crois que les Expositions qui suivront celle de Paris ne verront plus que des compound et qu'aucune Compagnie n'y enverra plus de locomotives ordinaires. »

Une déclaration aussi précise, basée sur une pratique étendue, ne vaut-elle pas mieux que tous les raisonnements du monde? Tout ce qu'on pourrait ajouter n'en dirait pas davantage.

M. le Président remercie M. Mallet du résumé si lucide et si clairement présenté qu'il vient de nous faire de son travail sur le développement de l'application du principe compound aux locomotives. Ce travail sera discuté, après impression, dans la séance consacrée à l'étude critique des différentes communications faites sur le même sujet.

La séance est levée à onze heures et quart.

Séance du 18 juillet 1890

Présidence de M. V. Contamin

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a la pénible mission d'ouvrir la séance par une triste nouvelle : la mort de l'un de nos collègues les plus éminents et les plus sympathiques, de M. Alphonse Couvreux, membre de notre Société depuis 1880. Arrivé par son travail et sa haute intelligence à acquérir l'une des plus belles réputations professionnelles qu'un Ingénieur puisse ambitionner, il laisse derrière lui d'unanimes regrets partagés par toute la Société, qui adresse à la famille ses plus sympathiques condoléances et l'assurance que son souvenir restera vivant parmi nous.

M. le Président donne la parole à M. J. Fleury pour retracer la vie si bien remplie de notre regretté collègue. (Cette notice sera insérée au Bulletin.)

M. le Président remercie M. Fleury de l'éloquente notice dans laquelle il vient de si bien résumer les beaux travaux et les remarquables progrès dans l'art de la construction, réalisés par cet éminent Ingénieur.

M. le Président a la grande satisfaction d'annoncer qu'à l'occasion du 14 Juillet, le Gouvernement a rendu hommage au mérite et au talent de plusieurs de nos collègues, en leur accordant des distinctions honorifiques qui sont accueillies avec la plus vive satisfaction par toute la Société.

MM. Gottschalk, Coffinet et Villard ont été nommés officiers de la Légion d'honneur,

MM. Arnodin, Henri Lepaute, Suais et A. Tresca ont été nommés chevaliers de la Légion d'honneur,

MM. H. Boucheron, G. Cerbelaud, Ellissen et E. Level ont été nommés officiers de l'Instruction publique.

MM, Bayvet, Bonnaud, de Dax, Deghilage, Salles et Schœller ont été nommés officiers d'Académie.

La Société adresse ses meilleures et plus sympathiques félicitations aux nouveaux promus et est heureuse de constater que les distinctions obtenues ne l'ont été que comme récompense d'une longue vie de travail et de recherches utiles, et pour quelques-uns comme reconnaissance de services tout à fait exceptionnels rendus à l'Industrie et à la Patrie.

Notre collègue, M. Gottschalk, n'a pas été seulement un Ingénieur éminent ayant fait réaliser de grands progrès dans les importants services de chemins de fer qu'il a dirigés, tant en Russie qu'en Autriche, il a été aussi un philanthrope aimé et estimé par tout son personnel qui lui était profondément reconnaissant des efforts incessants qu'il faisait pour améliorer son sort et lui assurer un avenir. Absent de France, il nous a constamment tenus au courant de ses recherches et des améliorations qu'il réalisait. En nous communiquant très régulièrement tous les ans les comptes rendus de son exploitation, en appelant la discussion sur les chiffres annoncés, il a puissamment aidé à vulgariser cette publicité donnée à toutes les opérations des grandes compagnies, si utile à la bonne marche des affaires. Il faisait aimer et estimer notre pays, honorait notre profession et réservait un accueil toujours cordial à tout collègue qui se présentait à lui ; il a, en un mot, toujours mérité notre sympathie. Rentré en France, il a été attaché au Comité consultatif des chemins de fer et à d'autres Commissions administratives dans lesquelles il a rendu à l'État et au pays des services que le Ministre vient de récompenser par une nomination à laquelle nous applaudissons avec d'autant plus de plaisir que notre collègue représente dans ces réunions le génie civil avec une distinction et une autorité auxquelles nous sommes heureux de rendre justice.

M. Coffinet, arrivé par son travail, son dévouement aux intérêts qui lui sont confiés, et par la haute intelligence avec laquelle il les dirige, à la plus haute situation que, dans notre carrière d'Ingénieur libre, on

puisse ambitionner, a, lui aussi, bien mérité la distinction accordée, non seulement à son mérite professionnel, mais aussi aux services de toutes sortes que, dans sa carrière entièrement consacrée à aider à la prospérité de notre plus grande Compagnie de chemins de fer, il a rendus au pays. Qu'il me soit permis de rappeler, en parlant de ses services, sa belle conduite pendant la guerre de 1870 et les efforts surhumains accomplis par lui pour satisfaire aux nécessités des transports de nos troupes et de leur ravitaillement pendant la pénible campagne d'hiver qui a précédé l'armistice.

La nomination de M. Villard ne sera pas accueillie avec moins de sympathie par la Société, qui rend justice aux efforts faits par notre excellent collègue pour étendre l'influence de notre pays dans ses colonies, par le développement de plus en plus grand donné à ses entreprises de chemins de fer et des travaux publics.

Le souvenir laissé par notre très aimé et très regretté président, M. Tresca, si dévoué aux intérêts de notre Société, à la bonne renommée et à la prospérité de laquelle il a tant aidé, nous rend également tout particulièrement sympathique la distinction accordée à son fils, M. Alfred Tresca, professeur à l'Ecole centrale et qui compte tant d'amis parmi nous.

M. le Président rappelle que le Comité a proposé de répondre à la très sympathique manifestation des Ingénieurs de l'Institut Royal Néerlandais, en faveur des Ingénieurs civils français, par la nomination de deux de leurs collègues comme membres honoraires de notre Société. Après entente avec leur Président, nous venons vous proposer de conférer cette distinction à M. Michaëlis, président sortant, et M. J. W. Conrad, le président actuel. Le choix de ces deux noms, qui jouissent en Hollande et à l'étranger d'une haute réputation professionnelle bien justifiée, sera accueilli, nous en avons la conviction, avec la plus vive sympathie par leurs collègues; elle honorera notre Société et aidera à rendre encore plus cordiales les relations déjà si affectueuses que nous avons la bonne fortune d'entretenir avec les Ingénieurs et avec la nation hollandaise.

M. le Président est heureux enfin de pouvoir faire part à la réunion des abandons nouveaux consentis en faveur de notre Société par un certain nombre de membres auxquels nous adressons ici nos plus vifs remerciements pour ce témoignage de sympathie et cette marque d'intérêt qu'ils ont eu la bonne pensée de nous donner.

M. Schneider nous a abandonné, avec les intérêts échus, vingt bons qu'il avait souscrits à notre emprunt. M. J. Carimantrand nous abandonne de même deux de ses bons, sortis au tirage, mais en leur attribuant une affectation spéciale. Il désire qu'ils soient imputés à un chapitre à créer, affecté à la reconstruction de l'hôtel et espère encourager ainsi les collègues désireux de voir prospérer et grandir notre Société à doter ce chapitre par des dons spéciaux ou abandons d'autres bons restant encore à rembourser.

M. le Président annonce le dépôt fait par M. J.-J. Heilmann d'un pli

cacheté déposé dans nos archives, qui ne doit être ouvert que lorsqu'il en exprimera le désir.

Il donne communication d'une lettre de M. N. J. Raffard au sujet de l'avant-dernier procès-verbal pour réclamer une priorité sur la question du séchage de la vapeur détendue par son passage dans un tube traversant la chaudière.

M. LE PRÉSIDENT donne ensuite la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance et qui est publiée à la fin de ce compte rendu.

Au nombre de ces ouvrages se trouve un exemplaire (original et traduction) de la loi sur l'Industrie pour l'empire allemand; il nous a été adressé par notre collègue, M. E. Dollfus, qui pense répondre ainsi au questionnaire annexé au procès-verbal de la séance du 6 juin; il nous annonce en même temps qu'il nous enverra de nouveaux renseignements.

Il signale ensuite le livre de M. Jules Domergue, *la Révolution économique*, qui nous a été remis, de la part de l'auteur, par M. Edouard Simon. Cet ouvrage a été fréquemment cité au cours de la discussion de la communication de M. Emile Bert sur les traités de commerce. Dans la lettre qui accompagne cet envoi, M. E. Simon appelle tout particulièrement l'attention de la Société sur le chapitre consacré à la *question monétaire*, sujet qui n'a pas été effleuré au cours de nos dernières discussions. L'auteur fait saisir la désastreuse influence exercée sur les marchés européens par la dépréciation de l'argent et montre l'importance prépondérante du change dans le commerce international.

« L'œuvre de M. J. Domergue, dit M. E. Simon, n'est pas seulement utile et opportune, elle est courageuse. Le pays sent, il est vrai, le besoin de recourir à des mesures de protection efficaces pour sauvegarder le travail national; mais, chez un grand nombre, l'expression de ce sentiment (instinctif autant que raisonné) est encore gênée par des formules longtemps rebattues : « Intérêts du consommateur, liberté commerciale, etc. » M. Domergue a eu le mérite de ne point se contenter, comme tant d'autres, de ces « clichés », d'aller au fond des choses, de rechercher, dans chaque cas particulier, si l'expérience était d'accord avec la théorie, de dire nettement, sincèrement les résultats de cette enquête. Aussi les doctrinaires de l'école dite libre-échangiste pardonneront-ils difficilement au jeune et ardent écrivain le cinquième chapitre où il multiplie les preuves de ce qu'il appelle, avec quelque irrévérence, les *bévues économiques.* »

M. le Président donne la parole à M. P. Buquet pour présenter son analyse de la note de M. Ventre-Bey sur la *nitrification des koms ou anciens monticules égyptiens.*

M. P. BUQUET dit que notre collègue, M. Ventre-Bey, Ingénieur en chef de la Daïra-Sanieh de S. A. le Khédive et correspondant de notre Société pour l'Égypte, s'est livré à des recherches très intéressantes sur les conditions de la nitrification de certaines ruines égyptiennes, formant aujourd'hui des monticules appelés « koms » et dont quelques-uns constituent de véritables nitrières.

C'est une étude purement théorique, dont il a fait hommage à notre Société.

Notre collègue passe, tout d'abord, en revue les théories qui ont été émises jusqu'à ce jour et indique comment et pourquoi elles doivent être rejetées.

On avait d'abord attribué les phénomènes de la nitrification à la porosité de la matière; l'acide azotique, disait-on, trouvant ses éléments constitutifs dans l'azote et l'oxygène de l'air et s'unissant très facilement aux bases qu'il rencontre dans les corps poreux, forme ainsi les nitrates de soude et de potasse; mais les expériences de Boussingault sur le rôle des corps poreux sont venues exclure cette hypothèse. Cloëz a montré, du reste, qu'un courant d'air à travers du biscuit ne produit rien.

D'autres avaient pensé que la réaction était le fait de la présence simultanée de sels peroxydés de fer, du limon, de débris de brique, de poterie; mais, fait observer M. Ventre-Bey, c'est à l'intérieur des koms qu'on va puiser le nitrate, plutôt qu'à la surface, cette hypothèse sur ce mode d'oxydation n'est donc pas suffisamment justifiée. On doit remarquer, d'ailleurs, que l'oxyde de fer existe partout en Egypte et puisque les koms sont constitués par les mêmes éléments que le sol lui-même, le phénomène de la nitrification devrait être général et il ne l'est pas.

Des objections de même nature sont opposées à l'influence des chocs électriques, qui, ozonant l'oxygène, étaient admis comme pouvant le rendre beaucoup plus énergique dans son action.

Il faut donc, dit M. Ventre-Bey, qu'il y ait un élément spécial qui détermine la réaction dans les koms et, après de nombreuses études et recherches, il se rallie à la théorie établie par MM. Schlœsing et Müntz, sur la nitrification du sol et, en cela, nous pensons qu'il est dans le vrâi;

Suivant cette théorie, la nitrification du sol ne dérive pas d'une source d'azote *provenant de l'atmosphère*; mais, est tout au contraire, l'effet d'une transformation de l'azote déjà existant dans les produits organiques ou ammoniacaux renfermés dans les Koms.

Quand un sol est perméable à l'air et qu'il contient une certaine quantité de calcaire, en présence des matières organiques, il s'opère une *combustion*, qui détruit rapidement ces matières organiques; la nitrification est la partie la plus caractéristique de cette réaction; elle s'accomplit — et ceci est à noter — sous l'influence d'un organisme microscopique, qui travaille à la nitrification de la matière azotée et fixe l'oxygène sur les matières organiques en transformant le carbone en acide carbonique, l'hydrogène en eau et l'azote en acide azotique.

La présence de la matière organique est absolument nécessaire à la nitrification et il ne faut pas chercher ailleurs l'explication de cette nitrification des Koms; on y trouve, en effet, toutes les conditions réunies : un milieu éminemment perméable à l'air, les matières organiques, végétales et animales, en décomposition et des sels déliquescents, chlorures alcalins qui entretiennent un certain degré d'humidité. Une fois que la matière organique a été épuisée, l'action s'arrête, mais alors les nitrates ne peuvent être entrainés, puisque ces monticules sont toujours à l'abri des inondations et que, d'autre part, il ne pleut presque jamais en Egypte,

Cette théorie explique parfaitement bien pourquoi la richesse des

Koms, en nitrates, peut être si variable : les uns n'en contiennent que des quantités insignifiantes ; les autres en renferment 4, 5 et jusqu'à 7 0/0. Or, ces ruines n'ont pas été primitivement occupées par les mêmes agglomérations de population et on comprend, sans peine, que les détritus organiques, les déjections de toute nature ne puissent s'y trouver qu'en proportion même du nombre d'habitants qui y ont préexisté, vécu, cultivé la terre, etc., etc.

Une autre preuve qui vient encore à l'appui de l'opinion de M. Ventre-Bey, est la suivante : partout, en Égypte, on rencontre la même nature de limon, la même porosité du sol; les mêmes influences électriques, les mêmes sels de fer et le nitrate ne se trouve que là où *existent des matières organiques*.

L'étude de M. Ventre-Bey nous paraît donc élucider une question qui a, jusqu'ici, fixé l'attention de nombreux savants et donne lieu à bien des controverses et elle indique une application particulièrement heureuse de la savante théorie de MM. Schlœsing et Müntz, pressentie déjà par Boussingault et suggérée par les remarquables travaux du maître, qui a nom : Pasteur.

Au mémoire sont jointes de nombreuses analyses du sol égyptien, des eaux limoneuses du Nil, des Koms ; toutes ces analyses sont très intéressantes à consulter et elles permettent d'étudier les conditions de la fertilité du sol de l'Egypte, en faisant ressortir l'énorme importance de l'humus et, comme conséquence, l'utilité des engrais *organiques végétaux*.

La communication de M. Ventre-Bey se rattache à d'autres observations, dont il poursuit l'étude et sur lesquelles nous aurons l'occasion de revenir ; mais nous devons, dès maintenant, des remerciements au savant collègue qui, au milieu de toutes ses occupations, n'oublie point la Société des Ingénieurs civils, qui se félicite de le compter au nombre de ses membres les plus dévoués.

M. le Président dit à M. Buquet que les applaudissements qui viennent d'accueillir sa communication lui démontrent l'intérêt et le plaisir avec lequel on a écouté son éloquente et savante analyse de la notice de notre excellent collègue, M. Ventre-Bey, si dévoué à la Société qu'il représente en Egypte avec une dignité et une autorité auxquelles nous sommes heureux de rendre justice.

L'importance de la question traitée par M. Ventre-Bey est des plus grandes, elle ne pouvait trouver de meilleur interprète que notre sympathique Vice-Président, si compétent sur toutes les questions des industries chimiques et de chimie agricole. Ce travail sera inséré au Bulletin.

M. S. Périssé dit que dans la très intéressante analyse qui vient d'être présentée par notre bien sympathique Vice-Président, il a été question de l'action des micro-organismes pour produire la nitrification ; aussi n'est-il pas sans intérêt de signaler les expériences assez récentes qui ont été faites par M. Bréal, Ingénieur, préparateur au Muséum, et qui lui ont valu un prix de l'Institut.

S'inspirant des découvertes de M. Pasteur, de celles de M. Berthelot

qui a montré que toute terre végétale est remplie d'organismes infiniment petits, et que dans les terres pauvres, ils fixent l'azote de l'air et interviennent dans la végétation comme agents de fertilité; et continuant les expériences de deux agronomes allemands, MM. Hellriegel et Wilfarth, M. Bréal a étudié de plus près les nodosités d'un grand nombre de légumineuses, l'acacia, le pois, le lupin, le haricot, la luzerne, et a constaté qu'elles constituaient toutes un corps très azoté et que c'était toujours ces petits tubercules fixés sur les racines qui contenaient, après la graine, la portion de la plante la plus riche en azote.

Ces nodosités sont remplies de bactéries et, pour produire la fertilité dans du gravier arrosé d'une dissolution étendue de phosphate de chaux et de chlorure de potassium, M. Bréal a inoculé la bactérie par une véritable vaccination d'une légumineuse par un bouillon provenant d'une autre plante de la même famille. Toutes les expériences sont venues confirmer le fait capital de l'assimilation de l'azote de l'air par les légumineuses dont les racines sont peuplées de bactéries. Les spores peuvent passer l'hiver dans l'eau en subissant la congélation, sans perdre leur faculté de faire naître, l'année suivante, des nodosités sur les racines des légumineuses qu'on a baignées dans cette eau. La faculté est perdue lorsque la température est portée à 60°.

Des pois inoculés et cultivés dans un milieu absolument privé d'azote ont donné des plantes qui contenaient dix-sept fois l'azote des graines.

Deux pieds de luzerne ont produit deux plantes qui contenaient l'une quarante-trois fois et l'autre quatre-vingts fois l'azote de semis, et de plus la terre s'était enrichie de cet agent fertilisateur.

Toutes les expériences de M. Bréal montrent que les légumineuses, puisent l'azote dans l'eau, et le fixent dans le sol, lorsqu'il contient des bactéries de légumineuses; ces plantes méritent donc la dénomination de plantes améliorantes que les agronomes leur ont donnée.

M. le Président constate avec plaisir l'attention avec laquelle on vient d'écouter les observations de notre très estimé vice-président, M. Périssé, les questions traitées méritent toute l'attention qu'on leur porte et comportent une discussion complète qui pourra être engagée à propos de communications complémentaires qui nous sont promises sur le même sujet.

M. Ch. Herscher profite de l'occasion que lui offre la communication de M. Ventre-Bey pour faire remarquer que la transformation de la matière organique expliquée par les belles observations de MM. Schlœsing et Müntz est celle qui s'opère sur les eaux-vannes provenant des vidanges dans le système dit « du tout à l'égout », lorsque ces eaux servent à irriguer méthodiquement des terrains perméables convenablement choisis. On sait qu'il en résulte la destruction des bacilles et autres organismes contenus dans les eaux, ainsi qu'un enrichissement précieux du sol en azote; en même temps que l'eau qui s'écoule se trouve purifiée à l'égal de celle des meilleures sources.

La parole est à M. A. Hillairet pour présenter sa communication sur *la transmission électrique de Domène.*

M. A. Hillairet donne des indications sommaires sur une transmission électrique qu'il a établie l'année dernière et qui met en mouvement les usines Chevrant, près de la petite ville de Domène, dans l'Isère.

Domène se trouve dans la vallée de Grésivaudan, sur la rive gauche de l'Isère, au pied du versant occidental du massif de Beldonne, qui domine les Alpes du Dauphiné. La voie ferrée de la ligne de Grenoble à Chambéry dessert cette localité, dont elle a contribué à développer, depuis plus de vingt ans, la puissance industrielle.

A 500 *m* de Domène environ, s'élève le hameau du Moutier, groupé autour de la papeterie Chevrant, qui alimente de son travail la plus grande partie de la population voisine.

Cette usine, dont le developpement croissant avait nécessité l'établissement de moteurs à vapeur auxiliaires destinés à seconder les turbines primitives qui fonctionnaient sous une chute d'une cinquantaine de chevaux, s'est vue dans la nécessité de modifier son outillage moteur et de chercher à emprunter à une nouvelle chute une puissance que la dépense de combustible aurait rendue impraticable avec des machines à vapeur, dans cette région où la plupart des usines doivent leur prospérité à l'utilisation des forces naturelles.

L'emploi d'une transmission électrique fut décidé, et il eut à examiner deux chutes pour cet office :

L'une, située sur une route, près de la voie ferrée, et l'autre en pleine montagne, sur le ruisseau torrentueux qui traverse plus bas la ville de Domène, avant de se jeter dans l'Isère,

Il élimina la première chute, qui lui paraissait destinée à alimenter naturellement sur place une usine ordinaire (la suite prouva l'opportunité de cette élimination, car cette chute fut concédée quelques mois plus tard à une Société qui l'utilisa directement), et fit choix de la seconde.

Celle-ci se trouve à environ 1 *km* du village de Revel; son niveau inférieur s'arrête au hameau des Eaux. C'est en ce point, à 5 *km* de l'usine du Moutier, qu'il a fait édifier l'usine de « la Force » où sont installées la turbine et la dynamo génératrice qui transforment à chaque instant en énergie électrique la plus grande partie de la puissance hydraulique actuellement utilisée.

La prise d'eau est à 700 *m* en amont de l'usine de « la Force », à laquelle elle est reliée par une conduite en tôle ayant une pente moyenne de 10 0/0, — ce qui, entre ses extrémités, donne une différence de niveau de 70 *m*.

Cette turbine à axe horizontal est accouplée directement à la dynamo génératrice d'où partent les deux câbles de la ligne aérienne, qui relient cette machine à la réceptrice de la papeterie du Moutier.

Cette réceptrice actionne directement une poulie à gorges sur laquelle s'enroulent dix câbles de 0,050 *m* qui communiquent à la tête de transmission de l'usine la puissance qui leur vient de « la Force ».

Les données principales de cette transmission sont les suivantes :

Génératrice	Puissance maxima 300 chevaux.
—	Vitesse maxima 240 tours par minute.
Réceptrice	Puissance maxima 200 chevaux,
—	Vitesse maxima 300 tours par minute.
Longueur de la ligne.	5 *km*.
Force électro-motrice maxima.	2 850 volts.
Intensité maxima	70 ampères.

Résistances

Ligne		3ω474
Génératrice :	Inducteurs	0ω950
—	Induit.	0ω984
Réceptrice :	Inducteurs	0ω731
—	Induit.	0ω690
	Résistance totale du circuit. . .	6ω829
Rendement électrique calculé d'après les résistances .		83 0/0
Rendement mécanique brut moyen.		65 0/0

Les déterminations du rendement mécanique ont été faites par substitution ; le tarage de la turbine a été effectué avec le « frein à couple » qui servit ensuite à peser les efforts de la réceptrice.

Cette transmission a été mise en service le 1er novembre, et, depuis cette époque, elle n'a pas cessé un seul instant de fonctionner ni pendant l'hiver, ni pendant les orages de ces derniers temps.

Le service a été assuré, du premier coup, et aucune défaillance ne s'est manifestée depuis la mise en marche.

L'intensité de fabrication de l'usine s'est considérablement accrue avec le surcroît de puissance dont elle a disposé tout d'un coup.

Les résultats sont assez satisfaisants pour que l'usine de « la Force » reçoive dans un court délai un accroissement qui la transformera en véritable station centrale distribuant une puissance de près de 2 000 *ch* dans quatre directions différentes et à une distance maxima d'environ 15 *km*.

Après l'exposé que nous venons d'analyser sommairement, M. Hillairet a montré, au moyen de projections électriques, l'emplacement de l'usine de « la Force », ainsi que les conduites et les principaux organes mécaniques de l'installation qu'il a décrite.

M. le Président remercie M. Hillairet de l'instructive communication qu'il a présentée et constate que la Société l'a écoutée avec le plus vif intérêt. C'est la première transmission importante de force par l'électricité qui ait été établie en France. Les indications qui viennent de nous être présentées permettent d'espérer que l'on pourra prochainement tirer un grand parti des puissances naturelles qui se trouvent disséminées dans notre pays. Le dynamomètre décrit par M. Hillairet mérite lui aussi d'attirer d'une manière toute particulière l'attention des Ingénieurs par les facilités qu'il présente au point de vue de la manœuvre et des constatations.

M. Haubtmann demande si, dans la salle des machines réceptrices, les fils sont entourés de caoutchouc ou de gutta-percha. M. Hillairet ayant dit qu'il n'y avait aucun danger à toucher une machine de 150 volts, il rappelle l'accident qui s'est produit récemment à l'Eden-Théâtre où un homme a été foudroyé. Il demande aussi quel est le nombre de spires qu'il y a sur l'anneau induit.

M. Hillairet répond qu'en haut, à la génératrice, les fils sont entourés de matières isolantes, mais qu'ils ne le sont point en bas. Cette disposition ne présente aucun danger.

En ce qui touche l'accident qui vient d'être rappelé, il faut remarquer qu'il y a une grande différence entre les machines à courants continus et les machines à courants alternatifs ; les premières ne peuvent occasionner aucun accident mortel, alors que les secondes sont au contraire fort dangereuses. Les machines à courant alternatif sont peut-être encore plus répandues pour les éclairages à distance, mais les machines à courant continu conviennent également bien dans ce cas. Aussi se demande-t-il pourquoi l'on ne fait pas toujours usage des machines à courant continu exemptes de tout danger.

M. Haubtmann demande pourquoi les collecteurs ont un si grand diamètre.

M. Hillairet dit que c'est le nombre des lames qui a conduit à adopter ces dimensions.

M. Haubtmann rappelle que dans la machine Deprez, du même système, à l'exposition de 1889, les collecteurs étaient de plus petit diamètre.

M. Hillairet répond que le diamètre des collecteurs de la machine Deprez était le même que celui de la génératrice qu'il a décrite au cours de sa communication.

M. Haubtmann demande combien il y a de tension sur une seule bobine de l'induit et combien il y a de bobines en tension.

M. Hillairet répond qu'il y a 600 sections sur la génératrice.

M. Haubtmann : Sur la ligne comment le câble a-t-il été isolé ?

M. Hillairet dit que l'on a fait usage d'un appareil isolant très simple ; on s'est servi du modèle adopté par le chemin de fer du Nord. Il a mesuré l'isolement à toute heure du jour et de la nuit et il a toujours trouvé qu'il était très bon. S'il a rencontré quelquefois des défauts d'isolement, cela provient de ce que des branches d'arbres touchaient aux fils.

M. Haubtmann : Quelle est la perte de potentiel ?

M. Hillairet répond que la perte de potentiel est d'environ 17 0/0, mais le rendement mécanique n'est pas de 83 0/0 ; il faut tenir compte du travail dans les anneaux, des courants parasites engendrés dans l'anneau, des frottements sur les coussinets, etc. ; le rendement mécanique se trouve ainsi réduit à 65 0/0 environ.

M. Pillet demande si la ligne téléphonique est montée sur les mêmes poteaux que la transmission de force.

M. Hillairet dit qu'il en est ainsi. Il avait craint des inconvénients provenant de ce que les courants ne sont pas rigoureusement continus et qu'il y a de faibles ondes qui induisent de petits courants, mais ces inconvénients ne nuisent pas au service.

M. Pillet : L'effet sur le téléphone n'est-il pas désagréable à l'oreille?

M. Hillairet dit que cela n'est pas très musical, mais cela n'empêche pas d'entendre et de bien comprendre.

M. Whaley demande quel est le prix de revient de la force.

M. Hillairet répond qu'il a évité de donner des indications sur ce point, parce que dans les conditions particulières de l'installation qu'il a décrite, ce prix est très peu élevé.

M. le Président remercie M. Hillairet des renseignements complémentaires qu'il vient de donner et qui ajoutent un nouvel attrait à sa communication.

Il ajoute que l'heure est peut-être un peu avancée pour commencer la discussion de la communication de MM. Périssé, Compère et Regnard sur les machines à vapeur à l'Exposition de 1889. Il pense qu'il vaudrait mieux renvoyer cette discussion à une prochaine séance.

M. Périssé dit que plusieurs de nos collègues sont venus à la séance pour prendre part à cette discussion, mais il n'insiste point pour qu'elle soit commencée aujourd'hui.

La discussion de la communication de MM. Périssé, Compère et Regnard est renvoyée à la prochaine séance.

La séance est levée à onze heures.

DÉVELOPPEMENT

DE

L'APPLICATION DU SYSTÈME COMPOUND

AUX MACHINES LOCOMOTIVES

PAR

M. A. MALLET

INTRODUCTION

La question de l'application du système compound à la locomotive a fait, l'année dernière, l'objet de deux importantes communications devant la Société des Ingénieurs civils. Dans un mémoire consciencieusement élaboré, M. A. Pulin nous a exposé les conditions pratiques de fonctionnement de la locomotive à double expansion, mis en évidence les particularités de ce mode d'action de la vapeur comparativement avec le système ordinaire et décrit quelques types intéressants de machines de ce genre, mis récemment en service sur le chemin de fer du Nord.

Peu après, notre honorable Vice-Président, M. E. Polonceau, a fait, avec sa compétence reconnue, l'historique de l'application du principe compound à la locomotive, passé en revue les principaux modèles exécutés jusqu'ici en France et à l'étranger et exposé avec une grande autorité les arguments présentés pour et contre le nouveau système, lequel, s'il a rencontré dès ses débuts et compte encore aujourd'hui des adversaires passionnés, voit par contre grossir tous les jours le nombre de ses partisans.

Nous ne saurions rappeler ces remarquables communications sans constater les témoignages si bienveillants rendus par leurs auteurs en faveur de la part d'initiative que nous avons eue personnellement dans l'introduction de la double expansion sur les chemins de fer et sans saisir avec empressement cette occasion pour leur en témoigner publiquement notre reconnaissance.

Il nous a semblé toutefois qu'après les travaux que nous venons de signaler, tout n'était pas dit, même pour le moment, sur cette grosse question et qu'il était opportun de la compléter en traitant des points que le programme de ces mémoires ou les circonstances n'avaient pas permis à leurs auteurs où d'aborder ou, tout au moins, d'élucider suffisamment.

Nous nous proposons donc ici de vous exposer les nouveaux progrès de la locomotive compound aussi exactement que permet de le faire le développement si rapide que prend cette application, de compléter l'historique qui vous a été présenté par M. Polonceau, en comblant quelques lacunes inévitables dans ce genre de recherches, de décrire certains types et organes récemment introduits et enfin de réfuter les diverses objections formulées par les adversaires du système, objections fondées pour la plupart sur des appréciations inexactes ou des assimilations d'une légitimité contestable et qui sont d'ailleurs en opposition formelle avec les résultats d'une pratique de jour en jour plus étendue.

Le présent travail étant en quelque sorte la suite et le complément de la communication que nous avons présentée à la Société sur le même sujet en 1877, nous nous verrons obligé de nous reporter fréquemment à cette communication pour éviter des répétitions inutiles.

État actuel de la question.

A la fin de 1877, à l'époque où nous eûmes l'honneur de traiter pour la première fois la question de la locomotive compound devant la Société des Ingénieurs civils, il y avait 3 locomotives de ce genre en service et 9 en construction; ces machines étaient de faibles dimensions et appartenaient à des lignes des plus modestes. Cette communication, on nous permettra de le rappeler, eut un assez grand retentissement : elle appela l'attention sur la question et est généralement considérée, avec celle que nous fîmes un peu plus tard, à Londres, devant l'*Institution of Mechanical Engineers*, comme le point de départ du développement que nous allons signaler. Plusieurs d'entre vous se rappellent certainement les discussions que cette question suscita au sein de la Société et qui occupèrent plusieurs séances (1).

Le terrain était peu favorable, il faut en convenir, au dehors.

(1) Séances des 5 et 19 octobre, 2 novembre et 7 décembre 1877.

Non seulement les avantages probables du système compound appliqué à la locomotive étaient presque universellement contestés, mais beaucoup d'Ingénieurs de chemins de fer n'admettaient même pas que la question présentât un intérêt quelconque. Les objections pleuvaient, basées à la fois sur les principes théoriques et sur les considérations pratiques. Peu de questions ont soulevé, à leur début, une opposition aussi formidable.

Douze années se sont écoulées depuis et Paris a vu deux Expositions universelles. A celle de 1878 figurait une locomotive compound, présentée par nous sans illusions et simplement pour prendre date, disions-nous, en exprimant la ferme conviction que ce système aurait un tout autre rôle à la prochaine grande Exposition universelle.

On sait si les faits nous ont donné raison.

Il y avait l'année dernière au Champ de Mars une quinzaine de locomotives compound, tant exposées dans les galeries qu'en service sur le chemin de fer intérieur de l'Exposition.

Ce sera pour beaucoup d'entre vous une surprise d'apprendre que le nombre des locomotives à double expansion actuellement en service ou en construction n'est déjà guère inférieur à *mille* Le rapport si remarquable de notre collègue, M. Parent, Ingénieur en chef du matériel et de la traction des chemins de fer de l'État, présenté l'année dernière au Congrès international des chemins de fer, sur la question qui nous occupe, contenait des tableaux détaillés évaluant à 680 le nombre des locomotives compound au mois de juin ou juillet 1889. Si on considère que les quatre cinquièmes de ce nombre appartiennent aux quatre dernières années, ce serait une moyenne de 135 machines par an.

Ce chiffre est très inférieur à la réalité, car, pour deux lignes seules, le *North Eastern* et l'*État prussien*, nous relevons, depuis le rapport de M. Parent, une augmentation d'effectif de 150 machines. Si nous ajoutons les nombres que nous avons pu nous procurer relativement à certains pays, tels que les autres États d'Allemagne, la Russie, etc., nous croyons pouvoir avancer que le total approximatif des locomotives compound de modèles divers en service ou en construction à l'heure où nous parlons dépasse 900, réparti entre 70 ou 80 administrations de chemins de fer et qu'avec la rapidité avec laquelle ce système se propage, il laissera très promptement bien loin derrière lui le *mille*, surtout le jour prochain où les États-Unis, qui ne font qu'aborder cette

question, s'y attelleront avec l'énergie et la décision qui les caractérisent.

Certes, nous n'avons pas la prétention d'exagérer la signification de ce chiffre de mille machines, car il ne représente en définitive que 1 0/0 du nombre total de locomotives qui existeraient dans le monde d'après certaines statistiques (1). Néanmoins, tel qu'il est, et dût l'essor de la locomotive à double expansion s'arrêter net, au lieu de continuer à progresser avec une rapidité de plus en plus grande, ce chiffre est encore supérieur de beaucoup au total qu'ont atteint, en un laps de temps infiniment plus considérable, les systèmes spéciaux de machines qui ont eu le plus de succès à leur époque, tels que les systèmes Engerth, Crampton, etc.

Non seulement des Ingénieurs distingués soutiennent avec ardeur le système compound et cela, de la manière la plus efficace de toutes, c'est-à-dire en l'employant, mais nombre d'adversaires de la première heure, mieux informés ou éclairés par l'expérience, s'y rallient tous les jours (2) et ce système auquel, il y a dix ans, on s'accordait à refuser tout avenir tend, quoi qu'on en puisse dire, à prendre une place de plus en plus importante dans l'exploitation des voies ferrées.

On pourrait, semble-t-il, établir nettement la situation actuelle en rangeant les chemins de fer et les Ingénieurs qui en dirigent le service du matériel en trois classes : 1° ceux qui ne font pas encore l'*essai* du système compound ; 2° ceux qui le font et, 3° ceux qui ne le font *plus*.

La première classe n'a pas besoin d'être définie.

(1) Les *Archiv für Eisenbahnwesen* évaluaient récemment à 61 000 le nombre des locomotives en Europe et à 43 000 le nombre de ces machines dans les autres parties du monde, soit un total de 104 000.

(2) Nous pourrions citer quantité d'exemples, mais nous croyons qu'aucun n'est plus significatif que le suivant : Dans le numéro de juillet 1881 de la *Revue Générale des Chemins de fer*, dans un article très remarquable intitulé : « Progrès futurs de la locomotive au point de vue de l'économie du combustible ». de notre collègue M. G. Marié, se trouve, page 27, le passage suivant : « M. Mallet, Ingénieur civil, a imaginé une locomotive d'une disposition ingénieuse ; dans cette machine, il emploie deux cylindres combinés, l'un pour l'admission de la vapeur, l'autre pour la détente. M. Mallet s'est proposé de supprimer la perte due à l'insuffisance de la détente et la perte due aux condensations de vapeur à l'admission.

» Il est bien douteux que M. Mallet puisse obtenir une économie sensible par rapport aux machines de trains express ; nous avons vu, en effet, que ces machines ne donnent que 22 0/0 de perte pour toutes les causes diverses que nous venons de signaler...... La machine de M. Mallet ne présente que bien peu d'avantages à ce point de vue (moment moteur plus constant), ses deux cylindres inégaux ne donnant presque pas plus de régularité au moment moteur que le système ordinaire. Peut-être pourrait-elle donner un léger avantage par rapport aux machines à marchandises ordinaires, en diminuant les condensations de vapeur à l'admission, mais cet avantage ne peut être que bien faible. »

Dans la *Revue Générale des Chemins de fer* de mai 1883, page 413, M. G. Marié s'exprimait comme suit : « Les progrès de la construction permettront peut-être un jour

La seconde est celle où on applique le système sur une échelle limitée, pour apprécier par une expérience personnelle ses avantages et ses inconvénients.

Nous admettons dans cette classe toute ligne de chemins de fer qui a moins de dix locomotives compound en tout, sauf les réserves indiquées ci-dessous.

Enfin, la troisième classe est celle où la nouvelle locomotive peut être considérée comme adoptée définitivement pour tout ou partie du matériel, soit que cette adoption provienne d'une expérience préalable faite sur la ligne elle-même, auquel cas celle-ci aurait passé de la seconde à la troisième catégorie, soit que les Ingénieurs se soient trouvés suffisamment éclairés par une expérience étrangère et que la ligne se soit placée immédiatement dans la troisième catégorie; c'est un cas encore rare, mais qui est loin d'être unique. Nous en citerons plus loin des exemples. Il nous parait juste de placer dans cette troisième catégorie les lignes de chemins de fer qui auraient moins de 10 locomotives compound, si elles ont tout leur matériel dans ce système, comme le chemin de fer de Bayonne-Anglet-Biarritz, ou si ces lignes font d'un coup une commande de machines compound de même type représentant un nombre important par rapport à leur effectif total, ce qui enlève évidemment au fait le caractère d'une expérience.

La première catégorie est la plus nombreuse et le restera encore plus ou moins longtemps ; mais la seconde dépasse déjà le total de 50 et s'accroît tous les jours : enfin nous évaluons à 20 ou 25 le nombre des lignes pouvant être considérées comme employant à titre définitif le système à double expansion sur tout ou partie de leur matériel de traction et, de même, ce nombre aug-

d'aborder les pressions de 10 à 20 atmosphères ; il est probable que, pour obtenir une bonne utilisation de la détente, on sera obligé d'avoir recours aux machines compound ou à des distributions plus parfaites que celles qui sont en usage aujourd'hui. »

Enfin, en 1884, dans une communication faite devant l'*Institution of Mechanical Engineers* (voir *Proceedings* 1884, pages 100 et 101), on trouve la déclaration suivante du même auteur : « Avec des pressions plus élevées, il faut employer des distributions plus perfectionnées ou le système compound; ce dernier est considéré comme décidément préférable par l'auteur.... Il faut de toute nécessité adopter le système compound pour obtenir une bonne détente.... Le système compound, avec des pressions plus élevées, sera, dans l'opinion de l'auteur, le plus grand perfectionnement qui aura été apporté aux locomotives depuis le temps de Stephenson. »

Comme la disposition à deux cylindres réalisée par nous et visée par M. Marié dans son mémoire de 1881 n'est qu'une des formes de la locomotive compound et qu'elle n'a rien d'incompatible avec l'emploi des pressions élevées, nous devons conclure que les idées de M. Marié se sont notablement modifiées de 1881 à 1883 et 1884. Nous ne rechercherons pas si notre distingué collègue n'a pas un peu trouvé son chemin de Damas sur la route de Crewe, alors qu'il eût pu le rencontrer sans sortir de France, et nous nous bornerons à nous applaudir de son adhésion si nette aux idées que nous défendons depuis quinze ans et qui triomphent aujourd'hui.

mente continuellement, car dans certains pays, la Russie par exemple, les commandes de locomotives compound se font par dix, vingt et même trente machines à la fois.

Nous citerons en tête des lignes de cette classe le ***North-Eastern***, qui compte 194 locomotives compound, dont 32 à voyageurs et 162 à marchandises ; le *London and North Western*, qui en a près de 100, presque toutes à voyageurs ; l'*État prussien*, qui, dans cinq de ses directions, Bromberg, Hanovre, Francfort-sur-le-Mein, Magdebourg et Cologne (R. D. du Rhin), compte 205 locomotives compound, dont 109 pour la seule direction de Hanovre (1). Une ligne de la République Argentine a près de 50 machines de ce genre ; l'État de Saxe, plus de 40. La ligne russe de Wladicaucase a commandé l'année dernière la totalité de son matériel de traction, soit 30 locomotives à huit roues couplées en compound à deux cylindres. Nous ne prolongerons pas cette énumération, qui ne tarderait pas à devenir fastidieuse, en terminant par *the last but not the least*, comme disent les Anglais, le petit chemin de fer Decauville de l'Exposition de 1889, où la totalité d'un service, dont la grande importance nous a été si brillamment exposée par notre collègue, M. Grille, a été effectuée par des locomotives à double expansion.

Il paraît difficile, en présence d'un pareil ensemble de faits, de contester que la locomotive compound soit entrée dès à présent dans la pratique des chemins de fer, et de chercher à la maintenir dédaigneusement dans le domaine de l'expérimentation. Prétendrait-on sérieusement que les nombreux Ingénieurs qui emploient ces machines, quelques-uns par centaines, et dont la plupart (nous allons ici au-devant d'une objection trop facile) n'ont d'intérêt personnel d'aucune sorte dans la réussite du système, n'auraient pas envisagé tous les côtés de la question et se seraient lancés imprudemment et à l'aventure dans ces applications, comme tendraient à le faire croire les objections favorites des adversaires de la nouvelle machine ? L'impression immédiate qui résulte de ces faits n'est-elle pas, au contraire, que ces objections doivent avoir bien peu de valeur réelle pour n'avoir pas, avec l'opiniâtreté et souvent le talent avec lesquels elles ont été pré-

(1) Voici la progression du nombre des locomotives compound construites pour les chemins de fer de l'État prussien depuis l'origine.

En 1880	2	machines	En 1884	5	machines	En 1888	12	machines
1881	2	—	1885	11	—	1889	49	—
1882	2	—	1886	11	—	1890	89	—
1883	10	—	1887	14	—			

sentées depuis des années, réussi, non pas à arrêter, mais simplement à ralentir le développement presque foudroyant que nous n'avons fait qu'esquisser à grands traits.

Ces objections seront examinées en détail plus loin ; il est donc inutile d'insister ici sur ce point. Mais, avant de quitter le sujet, il nous semble utile de rappeler que l'introduction du système compound sur les chemins de fer aura eu une importance plus grande encore qu'on ne pouvait le soupçonner à l'origine. Non seulement, en effet, elle aura conduit à une amélioration de la locomotive considérée sous sa forme ordinaire, mais on lui devra, en outre, comme nous le verrons plus loin, d'avoir amené soit la création, soit la vulgarisation pratique de types spéciaux de machines dont l'emploi est de nature à faire réaliser des progrès considérables dans la construction et l'exploitation de certaines lignes de chemins de fer.

C'est un point dont l'importance ne saurait être méconnue. Aussi a-t-on déjà pu dire, et nous croyons fermement qu'un avenir très prochain le confirmera, que la locomotive compound aura été un des progrès capitaux réalisés dans le matériel de traction des voies ferrées depuis la création de la locomotive actuelle en 1829.

Mais, qu'on soit ou non disposé à l'admettre, personne ne peut contester que l'introduction de la double expansion sur les chemins de fer aura eu une influence considérable sur la construction des locomotives en constituant pour cette spécialité un stimulant des plus énergiques et provoquant de tous côtés des études et des recherches ayant pour but, soit d'appliquer ce progrès, soit de chercher à réaliser les mêmes avantages par d'autres moyens.

Types divers de locomotives compound.

Nous proposant ici, non pas de refaire, mais simplement de compléter dans quelques parties l'exposé si bien présenté par M. Polonceau des divers types de locomotives compound exécutés jusqu'ici, nous croyons devoir reprendre le mode de classification que nous avions adopté dans notre Mémoire de 1877, basé sur le nombre des cylindres (1). Il sera seulement préférable d'intervertir l'ordre et de commencer par les machines à deux cylindres,

(1) *Société des Ingénieurs civils*, 1877, page 958.

les premières qui aient été construites et de beaucoup les plus nombreuses à l'heure actuelle.

Nous avons réuni dans un tableau (pages 42 et 43) les éléments les plus importants de 50 types de locomotives compound à deux, trois ou quatre cylindres. Nous y renverrons à mesure qu'il sera question de ces machines.

1° Machines a deux cylindres.

« On peut réaliser l'application du système compound à la locomotive au moyen de deux cylindres, un admetteur et un détendeur, commandant des manivelles à angle droit, avec interposition entre les cylindres d'une capacité intermédiaire plus ou moins considérable et d'un appareil spécial permettant de rendre à volonté le fonctionnement de chaque cylindre direct et indépendant. Ce système est le seul qui ait été jusqu'ici appliqué aux locomotives. Cette disposition a soulevé de vives objections, mais elle a réussi en pratique, et nous croyons que son emploi n'a de limite que dans les dimensions à donner aux grands cylindres. » C'est ainsi que nous nous exprimions en 1877 (1).

Il est intéressant de signaler que la première mention de l'emploi de deux cylindres de diamètre différent, conjugués en compound pour une locomotive, remonte à l'invention de la machine compound ou machine Woolf à réservoir intermédiaire elle-même. En effet, dans le brevet d'importation pris en France, le 26 février 1834, par la maison André Kœchlin et Cie, de Mulhouse, pour une *machine à vapeur expansive à cylindres indépendants et combinés*, brevet pris pour le compte de l'ingénieur hollandais Roëntgen, le véritable inventeur de la machine dite *compound* (2), on trouve la phrase suivante, à la suite de l'indication de la convenance de l'emploi de deux cylindres agissant dans le système de Woolf avec action des manivelles à angle droit pour les bateaux à vapeur où cette disposition n'entraîne aucune complication par rapport aux machines ordinaires à deux cylindres : « *Les mêmes avantages se trouveront par l'application de ce système sur les chemins de fer.* »

Un fait non moins intéressant est que cette phrase ne se trouve pas dans la patente anglaise prise sous le nom de Ernest Woolf (le représentant de Roëntgen en Angleterre) (3), patente dont le texte est d'ailleurs semblable et le dessin identique à celui du brevet français. Comme on ne saurait prétendre que la question des lo-

(1) *Société des Ingénieurs civils*, 1877, page 959.
(2) *Société des Ingénieurs civils*. Chronique de décembre 1889, page 764.
(3) *Société des Ingénieurs civils*. Chronique d'octobre 1889, page 534.

comotives eut en 1834 moins d'intérêt en Angleterre qu'en France, il est vraisemblable de supposer que l'introduction de la phrase citée plus haut dans le brevet français est due aux importateurs, la maison André Kœchlin et C[ie], qui, frappés de la simplicité du système, auraient immédiatement prévu la facilité avec laquelle il pourrait s'appliquer sans aucune complication à la locomotive de la fabrication de laquelle ces éminents constructeurs ne devaient pas tarder à se faire une brillante spécialité.

Certes, il n'y a pas lieu d'exagérer l'importance de cette simple mention, car à l'époque où les locomotives marchaient à des pressions de 4 *kg*, on ne pouvait espérer tirer grand parti de l'emploi de la détente en cylindres successifs; mais il est toutefois intéressant de signaler que cette application de la double expansion a été indiquée avant même qu'on songeât à employer la détente simple dans les locomotives où, en 1834 et même après, l'introduction fixe avait encore lieu pendant 0,90 à 0,95 de la course.

Il faut aller jusqu'en 1850 ou 1851 pour trouver ensuite une tentative de modifier le mode ordinaire de fonctionnement de la vapeur dans les locomotives. Nous voulons parler du système dit *à expansion continue* de Samuel et Nicholson qui, tombé dans l'oubli et considéré comme une simple curiosité historique, a, depuis le succès de la locomotive compound à deux cylindres, été présenté par la plupart des auteurs anglais comme la première tentative d'application du principe compound à la locomotive. Nous regrettons que des auteurs français aient semblé appuyer une revendication qui ne peut être basée que sur une connaissance imparfaite, pour ne pas dire plus, du principe de la machine de Nicholson. En 1877 (1), c'est-à-dire bien avant ces revendications, nous avions déjà indiqué en quoi consistait la machine à expansion continue et les caractères qui la distinguaient de la machine compound.

Nous trouvons néanmoins dans le mémoire de M. Polonceau, la phrase suivante (2) : « Le système dérivé du mode de fonctionnement de Woolf, et qui est un système à expansion continue, a été appliqué pour la première fois par MM. Nicholson et Samuel, en 1850, à deux locomotives du Great-Eastern Railway ».

Le système à expansion continue n'est pas une *dérivation* du système de Woolf, mais bien au contraire une *déviation* complète. Il est facile de le démontrer.

(1) *Société des Ingénieurs civils*, 1877, page 960.
(2) *Société des Ingénieurs civils*, juillet 1889, page 29.

		CHEMINS DE FER auxquels APPARTIENNENT LES MACHINES		DISPOSITION PARTICULIÈRE	CONSTRUCTEUR	DATE DE CONSTRUCTION	VOIE	NOMBRE D'ESSIEUX COUPLÉS
Machines à deux cylindres	1	Bayonne-Biarritz, 4 roues coupl.	T	Mallet	Creusot	1876	1,450	2
	2	— —	T	»	Ateliers de Passy	1878	»	3
	3	Haironville-Triaucourt. . . .	T	»	»	1877	1,000	3
	4	Orléans, transformation voyag.		»	Ateliers de la Cie	1878	1,450	2
	5	Nord-Espagne, transf. march.		»	»	1878	1,676	3
	6	Sud-Ouest Russes, voyageurs.		»	»	1879	1,523	2
	7	— marchand.		»	»	1887	»	4
	8	Athènes-Laurium	T	»	Kessler	1883	1,000	3
	9	Jura-Simplon n°502, transform.		»	Ateliers de la Cie	1888	1,450	3
	10	Œ. U. P. Staatsbahn, —		»	»	1889	»	4
	11	— —		»	»	1889	»	3
	12	Etat français, —		»	»	1888	»	3
	13	Projet de machine à gr. vitesse.		»	—	1889	»	2
	14	— —		Mallet-Brunner	—	1889	»	2
	15	Etat prussien, omnibus. . . .		von Borries	Schichau	1881	»	1
	16	— marchandises .		»	Henschell	1883	»	3
	17	— voyageurs. . .		»	»	1883	»	2
	18	Alsace-Lorraine, voyageurs . .	T	»	»	1889	»	2
	19	Etat saxon, express		Lindner	Chemnitz	1886	»	2
	20	— voyageurs. . . .		»	»	1889	»	2
	21	— marchandises. . .		»	»	1885	»	3
	22	Etat bavarois, voyageurs . . .		»	Krauss	1890	»	2
	23	— marchandises .		Lindner-Krauss	»	1889	»	3
	24	— vicinaux. . . .	T	»	»	1890	»	3
	25	Etat de Wurtemberg, voyag.		von Borries	Kessler	1889	»	2
	26	North-Eastern, express. . . .		Worsdell	Ateliers de la Cie	1888	»	2
	27	— —		»	»	1889	»	1
	28	Great-Eastern, marchandises. .		»	»	1890	»	3
	29	Jura-Simplon, type Mogul . .		Winterthur	Winterthur	1889	»	3
	30	Griazi-Tzaritsin, voyag. transf.		Urquhart	Ateliers de la Cie	1887	1,523	2
	31	— march. —		»	»	1888	»	3
	32	Wladicaucase, marchandises. .		Lindner	Struwe à Kolomna	1889	»	4
	33	Michigan-Central, voyageurs. .		Pitkin	Schenectady L. W.	1889	1,450	3
3 cylind.	34	L. and N. W., Experiment . .		Webb	Ateliers de la Cie	1881	»	2
	35	— Dreadnought .		»	»	1886	»	2
	36	Ouest, express.		»	Sharp. Stewart	1883	»	2
	37	Nord français mixte		Sauvage	Ateliers de la Cie	1888	»	3
Quatre cylindres	38	Nord français, express. . . .		de Glehn	Société Alsacienne	1886	»	2
	39	Decauville, articulé.	T	Mallet	Decauville	1887	0,600	4
	40	— —	T	»	»	1888	0,60-0,80	4
	41	Départementaux, articulé . .	T	»	Société Alsacienne	1888	1,000	4
	42	Durango-Zumarraga — . .	T	»	Couillet	1889	1,000	4
	43	Hérault, — . .	T	»	Etablissem. Cail	1890	1,450	4
	44	Central Suisse, — . .	T	»	Maffei	1890	»	4
	45	Gothard, — . .	T	»	»	1889	»	6
	46	Nord français, Woolf.		Du Bousquet	Ateliers de la Cie	1888	»	4
	47	P.-L.-M., voyageurs		P.-L.-M.	»	1889	»	2
	48	— marchandises. . . .		»	»	1889	»	4
	49	— fortes-rampes. . . .		»	»	1889	»	4
	50	Baltimore Ohio R., voyageurs.		Baldwin	Baldwin.	1889	»	2

Dans la colonne 4, T veut dire machine-tender.
Dans la colonne 20, *d* est le diamètre du petit cylindre; s'il y en a deux, on met le coefficient 2 dans la for

SURFACE DE CHAUFFE TOTALE	TIMBRE	DIAMÈTRE DU PETIT CYLINDRE	DIAMÈTRE DU GRAND CYLINDRE	RAPPORT DE VOLUMES	COURSE DES PISTONS	DIAMÈTRE DES ROUES MOTRICES	POIDS ADHÉRENT	POIDS TOTAL	EFFORT DE TRACTION $0,50\ p\ \frac{d^2 l}{D}$	VOLUME PROPORTIONNEL D'EXPANSION $\frac{d'^2 l}{DP}$	Volume ramené à une même pression de 10 kg $\frac{d'^2 l}{DPp}$
45,1	10	240	400	2,78	450	1,200	14,5	18	1080	4,14	4,14
56,7	10	280	420	2,25	550	1,200	22	22	1795	3,67	3,67
32,6	10	220	345	2,53	400	0,750	14.5	14,5	1290	4,38	4,38
136	8,5	420	550	1,71	650	2,000	22,3	38,2	2366	4,41	5,19
110,6	7	440	600	1,85	600	1,300	32,5	32,5	3123	5,10	7,29
104,6	9	420	600	2,04	600	1,700	26,5	36	2802	4,79	5,32
125	9	500	710	2,01	650	1,300	47	47	5625	5,36	5,95
48,1	10	320	480	2,25	530	0,900	25,5	25,5	3020	5,32	5,32
133,5	10	450	650	2,08	650	1,310	36,2	36,2	5022	5,78	5,78
179	10	470	665	2,00	632	1,185	46,5	46,5	5898	5,07	5,07
120	10	421	600	2,03	632	1,264	35	35	4430	5,14	5,14
100,7	9	420	600	2,04	600	1,510	33,5	33,5	3151	4,27	4,74
120	12	540	810	2,25	610	2,150	30	50	5028	6,10	5,10
160	12	520	790	2,30	610	2,000	30	50	4948	6,34	5,29
34,5	12	270	420	2,40	420	1,130	10,6	20	1627	6,19	5,16
123,7	12	460	650	2,00	630	1,330	38,5	38,5	6018	5,20	4,33
98	12	420	600	2,04	580	1,730	26	38	3546	4,64	3,86
87,7	12	370	550	2,22	500	1,500	26	34,9	2735	3,87	3,22
102	12	420	650	2,40	560	1,875	28,7	41,4	3016	4,38	3,65
97	12	420	650	2,40	560	1,560	27,3	40,5	3670	5,55	4,62
115	12	460	650	2,00	610	1,390	42	42	5567	4,42	3,69
110,6	12	430	610	2,00	610	1,860	29	42,5	3639	4,21	3,51
125,9	12	486	705	2,10	630	1,330	41	41	6717	5,74	4,78
72,6	12	360	560	2,40	500	1,090	27	33,9	3844	5,33	4,44
105,2	12	420	600	2,04	560	1,650	28	41	3408	4,36	3,63
111	11,2	456	664	2,12	610	2,134	32,5	»	3330	3,88	3,47
105,9	12,4	508	711	1,96	610	2,320	18	47,4	4214	7,38	5 95
112,8	12,4	456	661	2,09	610	1,470	40	40	5350	4,53	3,65
121,2	11	450	640	2,01	650	1,520	36	45,2	4767	4,86	4.42
	9	438	642	2,15	610	1,600	24	»	3334	6,54	7,07
114,7	9	470	650	1,91	610	1,300	36	36	4662	5,50	6,11
178	11	500	710	2,01	650	1,200	49,5	49,5	7439	5,51	5,01
136	12,7	508	738	2,10	610	1,728	44	58,4	5785	4,37	3,43
100,7	11,5	330	660	2,00	610	1,982	28	37,8	3857	4,77	4,15
126,5	12,5	356	762	2,29	610	1,906	30	44	5070	6,19	4,95
98,5	10,5	330	660	2,00	610	2,010	26	37	3453	5,06	4,82
113,8	14	432	700	2,68	700	1,650	40,6	47,4	5552	5,22	3,73
103,3	11	330	460	1,950	610	2,100	27,6	37,8	3474	4,44	4,04
22,3	12	170	255	2,25	260	0,600	10,5	10,5	1502	5,37	4,47
22,3	12	187	260	2,25	260	0,600	10,8	10,8	1817	6,29	5 24
42	12	250	380	2,31	460	0,900	22,5	22,5	3832	6,56	5,47
42	12	280	400	2,04	400	0,900	23	23	4177	6,17	5,14
76,5	12	305	460	2,27	520	1,200	31	31	4836	5,91	4,92
125	12	355	520	2,13	630	1,400	51	51	6804	4,77	3,97
158	12	395	570	2,07	640	1,230	77	77	9736	4,38	3,65
126	10	380	660	3,00	650	1,300	51,7	51,7	7220	8,42	8,42
124,5	15	310	500	2,61	620	2,000	29,6	53,5	4469	5,23	3,48
155	15	340	540	2,52	650	1,500	56,9	56,9	7513	4,44	2,96
153	15	360	540	2,25	650	1,260	57	57	10030	.5,28	3,52
149	11,5	305	508	2,77	610	1,678	34,2	49,2	3883	5,49	4,78

Voici, en effet, tels qu'ils sont rapportés par Samuel lui-même dans les *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, année 1852, les faits relatifs à cette question, faits singulièrement travestis par les auteurs qui ont cherché à en faire le point de départ de la locomotive compound actuelle, avec laquelle la machine de Nicholson n'a qu'une analogie toute superficielle.

Deux machines ont été arrangées pour le *Eastern Counties Railway* (1), l'une en conservant ses cylindres actuels égaux, l'autre avec un nouveau cylindre de capacité double remplaçant un des anciens. La disposition des passages entre les cylindres était telle que la vapeur fraîche arrivait au premier cylindre seul pendant la moitié à peu près de la course ; à ce point une communication directe était ouverte entre le premier cylindre et le second dont le piston se trouvait au point mort ; la détente s'effectuait alors *simultanément dans les deux cylindres* jusqu'à la fin de la course du premier où alors celui-ci venait *décharger directement à l'extérieur*, tandis que la détente de la vapeur contenue dans le second cylindre se continuait jusqu'à la fin de la course de celui-ci. Il est facile de voir qu'avec ce système, chaque cylindre avait à subir la chute à peu près totale de pression et de température, ce que l'emploi du principe compound, qui divise la détente entre les deux cylindres, a précisément pour but essentiel d'éviter.

Voici comment s'exprime Samuel dans le mémoire que nous venons de citer : « Il semble qu'*une partie* de la vapeur déchargée dans la cheminée pour effectuer le tirage (dans les locomotives ordinaires), peut être réservée pour être soumise à un degré ultérieur d'expansion..... L'économie du système d'expansion continue provient de ce qu'on obtient de la partie ainsi mise en réserve sa capacité totale d'expansion, laquelle est perdue dans les machines ordinaires..... De 1/2 à 2/3 de la vapeur admise est déchargée du premier cylindre à la cheminée pour assurer le tirage et le reste (1/2 à 1/3) est envoyée au second cylindre pour y être détendue et fournir un travail additionnel. »

On voit que ce n'est nullement le mode d'action de la locomotive compound où *toute* la vapeur qui entre au premier cylindre passe dans le second et où le tirage est produit *uniquement* par la vapeur qui sort de ce dernier. Pourquoi donc la disposition bâtarde, compliquée et insuffisante qu'a employée Nicholson?

(1) D'après une lettre de Nicholson insérée en 1870 dans l'*Engineering*, une seule machine aurait été transformée sur l'*Eastern Counties*, l'autre essai aurait été fait sur la ligne de Brighton.

Selon toute probabilité parce que, alors, comme longtemps encore après, on était persuadé que le tirage d'une chaudière de locomotive exigeait de la vapeur sortant des cylindres à une pression assez élevée et à raison de quatre coups d'échappement par tour de roues. L'objection basée sur la réduction à deux du nombre des coups d'échappement était, en effet, une de celles qu'on opposait le plus volontiers à la locomotive compound à deux cylindres.

Elle ne nous arrêta pourtant point et l'expérience faite en 1876, au Creusot, sur les premières véritables locomotives à double expansion, en confirmant nos prévisions, réduisit cette objection à néant. On peut affirmer que c'est de ce jour que date la solution du problème de la locomotive compound. Il faut reconnaître que l'essai de Nicholson ne pouvait fournir aucune indication sur le point douteux et n'a, par conséquent, contribué en rien à cette solution.

Nous avons reproduit (fig. 1 et 2, pl. 11), la disposition générale de la machine à expansion continue telle qu'elle est représentée par les figures annexées à la communication de Samuel dans le volume de 1852 de l'*Institution of Mechanical Engineers*, pour faire voir la différence capitale avec les locomotives compound, qui sont beaucoup plus simples. La profonde dissemblance de fonctionnement des deux systèmes est encore mieux mise en évidence sur les diagrammes de la figure 3. Les diagrammes d'indicateur des deux cylindres de la machine compound peuvent être placés l'un au-dessus de l'autre et combinés de façon à faire voir la manière dont la vapeur *travaille successivement* dans l'ensemble de l'appareil; c'est ce qu'on ne peut faire avec les diagrammes de la machine à expansion continue qu'on doit se borner à placer l'un à côté de l'autre puisque la détente de la vapeur y est en majeure partie *simultanée*.

On peut juger d'après ce qui précède de l'exactitude de l'assertion qui tend à faire de la machine de Nicholson la première locomotive compound. Cette assertion a été émise pour les besoins de la cause, après le succès des premières locomotives à double expansion faites en France, et le plus piquant c'est qu'avant qu'il parut nécessaire d'invoquer cette prétendue filiation et alors qu'il n'était pas encore question de locomotives compound, les publications anglaises, en parlant de la machine à expansion continue au sujet d'une tentative de résurrection de ce système, déclaraient hautement que ce n'était pas du tout la machine compound (déjà

très répandue dans la marine) et insistaient sur les différences capitales qui séparaient les deux systèmes (1).

La légende des machines de Nicholson a été depuis ramenée à sa juste valeur par les observations présentées devant l'*Institution of Civil Engineers* par M. Edward Reynolds, à la suite de la communication très remarquable de M. E. Worthington sur le principe compound appliqué aux locomotives (séances des 15 et 22 janvier 1889) (2).

La protestation la plus curieuse nous paraît être toutefois celle de l'intéressé lui-même.

En effet, dans une lettre adressée à l'*Engineering*, numéro du 27 mai 1870, page 238, John Nicholson, racontant ses déboires, expose que sur l'*Eastern Counties*, la machine Stephenson n° 189, modifiée par lui, a brûlé 12 livres par mille, soit 3,3 *kg* par kilomètre, de moins qu'avant la transformation! En 1851, il a fait un second essai sur la ligne de Brighton, mais il a échoué par suite du mauvais vouloir du personnel. Il termine en protestant contre l'assimilation de son système au système compound, puisque, dit-il, l'expansion s'y produit directement comme dans les machines ordinaires, tandis que le système de Woolf a l'inconvénient d'avoir la pression sur le grand piston comme contre-pression derrière le petit, ce qui le rend à peu près sans utilité pour les locomotives!

Si nous avons tant insisté sur la machine de Nicholson, c'est que la plupart des gens qui en parlent comme d'un précédent, le font de confiance et sans en avoir aucune connaissance personnelle Nous avons eu le plaisir de voir l'année dernière, à Paris, M. Edgar Worthington, auteur de la communication que nous venons de signaler et dans laquelle se trouve la phrase suivante : « La plus ancienne tentative pour appliquer le principe compound à la locomotive a été faite par feu James Samuel en 1852 dans sa machine dite à expansion continue ». Nous demandâmes à M. Worthington, s'il avait jamais eu occasion de voir un dessin de la locomotive de Samuel et Nicholson; sur sa réponse négative, nous lui montrâmes le dessin annexé à la communication de Samuel (fig. 1 et 2, pl. 11), et il reconnut de fort bonne grâce que ce n'était nullement, en effet, la locomotive compound telle que nous la comprenons.

C'est en 1874 que nous commençâmes à appeler l'attention sur la facilité qu'il y aurait à appliquer la double expansion aux locomotives sans complication aucune, sous la forme ordinaire à deux

(1) *Engineering*, 1869, vol. I, page 567.

(2) *Institution of Civil Engineers*, vol. XCVI, page 72.

cylindres, et nous fûmes assez heureux, après quelques démarches infructueuses auprès de plusieurs Compagnies, pour convaincre des avantages de cette solution M. Eugène Pereire, Président de la Compagnie Générale Transatlantique, qui s'occupait alors de l'établissement du chemin de fer de Bayonne à Biarritz. La commande de trois locomotives de ce système, d'après des dispositions d'ensemble étudiées par nous, fut donnée aux usines du Creusot à la fin de 1875, et la première machine put être essayée le 3 juillet 1876 (1). C'est là le véritable début de la locomotive compound; ces machines (n° 1 du tableau) contenaient toutes les dispositions essentielles des locomotives à double expansion à deux cylindres : appareil de mise en train, réservoir dans la boîte à fumée, etc., et les 700 ou 750 locomotives compound à deux cylindres, qui existent à l'heure actuelle, ne diffèrent de celles dont nous nous occupons que par de simples modifications de détail.

Il est bon de déclarer bien haut que ces machines ne furent en aucune manière faites à titre d'expérience, comme certains auteurs l'ont dit ou répété par erreur. La Compagnie du chemin de fer de Bayonne à Biarritz n'avait ni les motifs ni les moyens de faire une expérience; elle a commandé ses machines après mûre réflexion et après une étude sérieuse, mais sans hésitation et avec la certitude absolue d'un succès qui n'a jamais été douteux un instant. Les trois machines ont actuellement 14 années d'existence et 13 de service régulier sur la ligne où, aidées des deux autres machines compound plus puissantes (n° 2 du tableau), construites en 1878, elles ont effectué à l'heure qu'il est un parcours total de 1 600 000 *km* sans avoir montré aucun point faible, ni comme principe ni comme construction.

Le nom de la toute petite ligne de Bayonne à Biarritz est désormais inséparable de celui de la locomotive compound et figurera toujours avec honneur dans l'histoire des progrès de la locomotion (2).

Le succès très décisif des machines précédentes amena rapidement de nouvelles applications, soit par la construction de machines neuves de faibles dimensions, soit par la transformation de fortes machines existantes. Ces dernières n'eurent d'abord qu'un médiocre succès. Il n'est pas sans intérêt de s'arrêter un instant sur ce point, tant parce qu'il y a lieu de relever beaucoup

(1) *Société des Ingénieurs civils*, séance du 7 juillet 1876, page 562.

(2) « Dass von dieser kleinen Localbahn (Bayonne-Biarritz), aus die Verbundlocomotive ihren Weg durch Europa genommen ist bekannt, ebenso die Bauart dieser Locomotiven, soweit die Verbundanordnung in Frage kommt. » *Organ*, 1888, page 210.

d'erreurs rapportées à ce sujet, que parce que ces faits comportent des enseignements utiles.

L'appréciation de la consommation comparative des locomotives est toujours une chose délicate qui ne saurait être entourée de trop de précautions.

Généralement on procède comme suit : on fait travailler les machines pendant un certain temps, parallèlement aux machines ordinaires, en ayant soin de les mettre autant que possible dans des conditions identiques. On relève aussi exactement qu'on peut la consommation de combustible et la charge ; on divise l'une par l'autre et, l'opération faite, on informe presque toujours l'intéressé, resté souvent en dehors des expériences, que son système est fort ingénieux, très bien combiné, mais qu'il n'a pas donné les avantages espérés.

L'affaire est jugée. Bien souvent pourtant l'échec ou le succès tiennent à de très petits détails qu'un examen attentif suffirait dans beauconp de cas à faire reconnaître. Nous en citerons deux exemples remarquables.

Au commencement de 1877, une des trois premières machines du Bayonne-Biarritz fut essayée sur la ligne de Villefranche-sur-Cher à Romorantin (réseau d'Orléans) comparativement avec une machine ordinaire de puissance assez comparable, la machine n° 69. Après un certain temps de service, on nous communiqua les résultats qui se traduisaient par un excès de consommation de combustible de 1 0/0 environ par tonne kilométrique brute pour la machine compound.

L'examen des chiffres obtenus et la valeur excessive de la consommation kilométrique de la machine Biarritz, 7,22 *kg*, nous fit penser que le combustible employé, du Decazeville menu, n'était probablement pas convenable pour la grille de la machine, établie en vue de brûler des charbons anglais de qualité supérieure.

Sur notre demande, M. l'Ingénieur en chef Forquenot voulut bien autoriser un nouvel essai de la machine Biarritz avec des briquettes anglaises. Dans cette période, la consommation, de 7,22 *kg* par kilomètre, tomba à 4,01, et la machine compound, au lieu de brûler 1 0/0 de plus que la machine ordinaire, dépensa 31 0/0 de moins, même après correction de la consommation, pour tenir compte des pouvoirs calorifiques des deux combustibles dans le rapport de 120 à 100 admis par la Compagnie d'Orléans.

Dans le premier essai, un tiers du charbon tombait, sans être

brûlé, à travers la grille de la compound. Le tableau ci-dessous résume les données et résultats de ces essais.

	MACHINE N° 69	MACHINE BIARRITZ	
Nature du combustible.	Decazeville.	Decazeville.	Briquettes ang.
Durée de l'essai	20 jours.	20 jours.	10 jours.
Kilomètres parcourus.	1 600	1 600	1 280
Consommation totale.	15 138	11 550	5 130
Tonnage brut moyen d'un train. . .	67,96	51,25	49,94
Consommation par kilomètre	9,46	7,22	4,01
— par tonne kilométrique	0,139	0,141	0,080
Chiffre proportionnel.	1	1,012	0,576
Chiffre proportionnel corrigé	1	1,012	0,691

Voici un second exemple non moins instructif :

Une de nos machines compound articulées fut mise en service dans l'automne de 1888 sur la ligne à voie de 1 *m* de Montereau à Souppes des chemins de fer Départementaux, concurremment avec les machines ordinaires de la Compagnie. On ne constata qu'une économie insignifiante de 1,2 0/0, en faveur de la compound. Toutefois, l'Ingénieur du matériel, M. Fettu, qui avait organisé ces essais avec beaucoup de soin et d'intelligence, et qui avait eu la précaution de faire relever aussi exactement que possible la consommation d'eau en même temps que celle de combustible, avait été très frappé de ce que, si la machine compound ne brûlait pas sensiblement moins de combustible que les machines ordinaires, en revanche, elle dépensait beaucoup moins d'eau, 20 0/0 environ. Le rapprochement des chiffres indiquait pour l'une 6,9 seulement de vapeur par kilogramme de charbon, tandis que les autres donnaient 8,5 environ. On était donc amené à conclure que la machine utilisait bien la vapeur, mais que la chaudière produisait celle-ci dans des conditions défavorables. Comme le générateur de la compound ne comportait aucune innovation ni aucune proportion insolite, l'attention se porta sur la question du tirage qui fut reconnu insuffisant. On rétrécit le cône du tuyau d'échappement et, après quelques tâtonnements, on obtint pour le combustible l'économie de 20 0/0 déjà réalisée pour l'eau, les vaporisations étant devenues sensiblement les mêmes pour les deux systèmes. La Compagnie, que les premiers résultats avaient quelque peu découragée, s'empressa de témoigner sa satisfaction par la commande de six nouvelles machines semblables à la précédente.

Ces exemples font voir une fois de plus combien, dans un essai de machine, il est indispensable de circonscrire le champ des investigations et de dégager le plus possible de toute influence étrangère le point qu'on cherche à élucider.

La machine utilise la vapeur que la chaudière produit par la combustion du charbon sur la grille. La puissance motrice se trouve ainsi obtenue par une série d'opérations distinctes. Vouloir juger de l'une d'elles par le résultat brut final est un moyen élémentaire, mais qui peut conduire, comme nous l'avons vu, aux appréciations les plus erronées.

Nous ne cherchons pas à prouver par là que tous les essais dans lesquels on a trouvé des résultats médiocres pour des machines compound étaient nécessairement mal faits, mais simplement à rappeler qu'il faut y regarder à deux fois avant de conclure pour ou contre un système nouveau, surtout sur le fait d'expériences sommaires. Un jugement précipité est rarement définitif et, si l'avenir casse brutalement l'arrêt, ce n'est pas toujours flatteur pour l'amour-propre des premiers juges.

En 1878, la machine à voyageurs n° 210 de la Compagnie d'Orléans fut transformée en compound par le remplacement de son cylindre de droite par un nouveau de 0,550 *m* de diamètre, le plus grand que permit de donner, non pas le gabarit, mais la position des longerons. L'autre fut conservé tel quel, il avait 0,42*m*. Nous insistons sur ce point parce qu'il est dit dans le mémoire de M. Polonceau que l'un des cylindres reçut une garniture qui réduisit son diamètre à 0,42 *cm* (1). Le rapport se trouvait ainsi de 1,715 (n° 4 du tableau).

La machine était donc déjà dans un état d'infériorité notable au point de vue de la détente par rapport aux machines semblables dans lesquelles le volume final de la vapeur était de 2 au lieu de 1,715.

Mais ce n'est pas tout. La Compagnie ne possédant qu'un nombre assez restreint de ces machines à cylindres de 0,42 *m* (2), la machine 210 fut presque toujours mise en concurrence avec des machines du même type, mais à cylindres de 0,44 *m* qui avaient un volume final de détente supérieur de 28 0/0 (3). On voit combien

(1) *Société des Ingénieurs civils*, Juillet 1889, page 31.

(2) Études sur les locomotives, par E. Furno, *Société des Anciens Élèves des Écoles d'Arts et Métiers*. Annuaire de 1880, pages 373 et 388.

(3) Il est à peine besoin de rappeler que si, dans une machine ordinaire, le volume final occupé par la vapeur à la fin de la détente est le volume des cylindres, dans la machine compound, ce volume n'est que le volume du ou des grands cylindres.
Dans la machine à expansion continue de Nicholson, le volume final est la somme des volumes des cylindres, exactement comme dans la machine ordinaire à deux cylindres, puisque tous les deux évacuent directement à l'extérieur.

les bases de la comparaison étaient peu équitables. En outre, la pression de marche de ces locomotives était peu élevée, même pour l'époque, 8,5 *kg* seulement, et enfin les conditions d'établissement de la machine n'avaient pas permis, à notre très grand regret, de rendre les deux distributions indépendantes à volonté, ce qui eût été indispensable en présence du faible rapport de volumes des cylindres. Il eût été bien extraordinaire qu'on eût obtenu des résultats économiques sérieux dans des conditions aussi défavorables. Nous n'étions, il est vrai, pas obligés d'accepter de faire un essai qui avait si peu de chances en sa faveur ; mais qui n'eût à notre place saisi avec empressement l'occasion si recherchée d'une expérimentation sur une ligne de premier ordre, à un moment où le succès des machines de Biarritz était encore inaperçu et où presque tout le monde contestait que le système dyssymétrique pût s'appliquer à des machines d'une certaine puissance, et marchant à une vitesse un peu grande? Un Ingénieur allemand, M. Freytag, avait cherché à démontrer à grand renfort de calcul que « le système Mallet » ne pouvait être employé que sur de petites machines allant à une vitesse très modérée (1). On peut dire qu'en tous cas, l'expérience d'Orléans n'a pas été inutile ; elle a prouvé qu'une machine de ce système pouvait faire un service régulier sans difficultés spéciales de manœuvre, et qu'en somme, les objections favorites présentées contre la locomotive compound à deux cylindres n'avaient pas de base sérieuse.

D'après une lettre de M. Forquenot, en date du 25 août 1881, la machine 210 avait, du 18 octobre 1878 au 1er juillet 1881, effectué un parcours total de 94 978 *km*. C'était déjà un résultat.

Peu après eut lieu une autre transformation, que M. Polonceau a également citée, celle de la machine *Nagy-Maros*, de la ligne autrichienne *Kaiser-Ferdinand's-Nordbahn*. Nous avons fort peu de renseignements sur cette machine et les conditions dans lesquelles elle a été transformée en compound. Nous avions envoyé à Vienne les dessins des machines du Bayonne-Biarritz et ignorons absolument jusqu'à quel point ils ont été suivis.

M. Polonceau parle des difficultés de démarrage qu'on aurait éprouvées. Cela serait peu explicable si la machine avait, comme il paraît certain, le tiroir de démarrage des machines de Biarritz; d'autre part, M. von Borries a indiqué, au contraire, dans un article

(1) Eignet sich das Mallet'sche system zur allgemeinen Einfuhrung bei Locomotiven ? von E. Freytag, Maschinen Ingenieur des badischen Staatsbahn. *Organ* 1880, pages 25 et suivantes.

de l'*Organ*, que l'insuccès de cette machine provenait de ce que l'action de la vapeur s'exerçait avec trop de force sur le grand piston lors du démarrage et de la marche directe en général et avait amené la dislocation de la machine. Cela, si c'est exact, prouverait tout au plus que, sur la machine autrichienne, on n'avait pas pris les mêmes précautions, pour empêcher cet effet, que sur les machines françaises, emploi d'un réducteur de pression automatique ou d'une lumière d'admission étranglée au tiroir de démarrage. Mais l'autorité de l'auteur allemand est légèrement suspecte en cette matière, parce que le prétendu danger d'excès de pression sur le grand piston, lors de la marche directe, était le principal argument qu'il invoquait en faveur de sa disposition d'appareil de mise en train, disposition sur laquelle nous allons revenir bientôt.

Le seul document que nous possédions sur ce sujet ne parle pas du tout de cette question de démarrage. Nous croyons intéressant de le reproduire (1) :

« La Compagnie *Kaiser-Ferdinand's-Nordbahn* a fait, en 1879, des essais très complets avec la locomotive compound système Mallet, et je suis redevable de la déclaration suivante à M. l'Inspecteur général Tilp, ainsi qu'à M. l'Ingénieur en chef Rotter :

« Les très nombreuses expériences d'indicateur et les compa-
» raisons avec les locomotives du système ordinaire ont prouvé
» que le système compound, surtout pour les locomotives, ne
» paraissait pas, jusqu'à présent, devoir convenir, parce que les
» résistances sur les diverses parties du profil sont très différentes
» et que le degré d'expansion dans le petit cylindre ne peut être
» varié d'une manière notable sans que l'effet utile de la locomo-
» tive n'en soit considérablement affecté.

» On a fait quelques centaines d'expériences d'indicateur à tous
» les degrés d'expansion possibles et les diagrammes ont montré
» que le rendement de la machine était des plus désavantageux
» lors des admissions les plus réduites. Ce qui précède est le
» motif pour lequel la Compagnie du *Nordbahn* ne veut plus em-
» ployer le système compound. »

Il semble résulter de ces explications que la difficulté principale était la compression énorme qui se produisait au petit cylindre lors des admissions réduites et que, par conséquent, on n'avait cherché en aucune manière à prévenir ces compressions. Un réglage convenable des recouvrements du petit tiroir eût probable-

(1) Extrait d'une lettre qui nous a été adressée par M. Fritz Marti, de Winterthur, à la date du 12 novembre 1882.

ment suffi pour améliorer considérablement les conditions du fonctionnement. On a condamné le système sans seulement se demander s'il n'y avait pas quelque chose à essayer et surtout sans nous consulter en aucune manière ou nous envoyer le moindre renseignement. C'est tout à fait par hasard que nous avons pu obtenir le document qui précède après que la machine avait cessé son service et qu'il n'y avait plus rien à faire.

Nous n'avions d'ailleurs attaché à ce fait qu'une très médiocre importance, parce que déjà auparavant s'était produite, dans des conditions bien différentes, une application qui a eu une influence des plus considérables sur l'avenir de la locomotive compound; nous voulons parler de la transformation opérée, vers la fin de 1879, par notre collègue, M. de Borodine, d'une machine à voyageurs des chemins de fer du Sud-Ouest de la Russie. Cette transformation fut opérée sur des plans détaillés fournis par nous et les expériences furent conduites avec un soin et une précision qu'on peut apprécier dans le mémoire inséré dans les Bulletins de la Société des Ingénieurs civils, septembre 1886, et qui a valu à son auteur le prix Nozo. Nous n'insisterons pas sur cette application, qui a été suivie de beaucoup d'autres, et a conduit finalement à l'adoption définitive, sur les chemins de fer russes, de la double expansion aujourd'hui, paraît-il, imposée pour toutes les machines neuves par l'administration supérieure; nous nous bornerons à saluer en M. de Borodine, aujourd'hui directeur général des Chemins de fer Sud-Ouest Russes, un des champions les plus dévoués du système et l'un des Ingénieurs qui auront eu le rôle le plus important dans le développement de la locomotive compound.

En 1880, M. von Borries, *Maschinenmeister* des chemins de fer de l'État de Hanovre, encouragé par le succès des machines du Bayonne-Biarritz, c'est lui-même qui le dit, appliqua le fonctionnement compound à deux machines de 18 *t*, à quatre roues, destinées à un service omnibus et qui furent construites par l'usine Schichau, à Elbing (1).

Le *desideratum* de M. von Borries était de supprimer entièrement la marche des deux cylindres avec vapeur directe et de faire en sorte que la machine fonctionnât toujours comme machine compound, cela pour éviter des inconvénients dont il s'exagérait fort l'importance. Dans ces premières machines, il y avait un régulateur disposé de manière à envoyer, au commencement de son ouverture, de la vapeur vive au réservoir intermédiaire et à fer-

(1) *Société des Ingénieurs civils*, 1880, vol. I, p. 771; vol. II, p. 653.

mer ce passage lorsqu'on ouvrait davantage le régulateur. Ces machines, comparées à des machines exactement semblables mais non compound, donnèrent une économie de 20 0/0, ce qui engagea l'administration des chemins de fer de l'État de Hanovre à étendre l'application du principe compound. Mais la disposition de l'appareil de mise en train ne donna pas de bons résultats et M. von Borries dut le modifier plusieurs fois avant d'arriver à son appareil automatique actuel.

Les machines suivantes furent deux locomotives de 38 à 39 *t*, (n° 16 du tableau) à six roues couplées, construites en 1882 (1), suivies en 1884 par les machines à voyageurs dont le dessin est reproduit dans les planches annexées au mémoire de M. Polonceau (n° 17 du tableau).

En 1884, M. Worsdell appliqua le système compound sous la même forme à une machine express avec des cylindres de 18 et 26 pouces de diamètre et 24 de course et roues de 7 pieds, construite pour le *Great Eastern Railway*. La mise en train était d'une disposition ressemblant beaucoup à celle de M. von Borries et les appareils de ce genre, désignés sous le nom de système Worsdell-von Borries furent appliqués à un très grand nombre de locomotives à deux cylindres construites pour diverses lignes en Europe, dans l'Amérique du Sud et dans les Indes anglaises.

M. von Borries a incontestablement joué un rôle très important dans la propagation de la locomotive compound et personne n'est moins disposé à le méconnaître que nous, mais nous ne croyons pas que cela ait pu autoriser ses agents à chercher à établir une confusion entre l'appareil de mise en train automatique et la machine compound à deux cylindres elle-même. Les auteurs anglais et allemands ont souvent pris l'habitude, par suite, de désigner ces dernières d'une manière générale sous le nom de système Worsdell-von Borries, ce qui ne saurait se justifier en aucune manière. Si on emploie le système compound sous cette forme, c'est parce qu'on obtient des résultats économiques avec le minimum de complication. Or, ces deux avantages, le premier surtout, ne tiennent en aucune manière à la présence d'une forme particulière de valve de démarrage. Nous avons pensé utile de reproduire sur la planche I, figure 4, le fac-similé de la planche 40 de la communication présentée par nous, en 1879, à l'*Institution of Mechanical Engineers*, à Londres, sur les locomotives compound. Cette planche donne diverses dispositions pour des machines

(1) *Société des Ingénieurs civils*, 1882, vol. I, p. 220.

neuves de ce type. Ces dispositions sont identiquement, et à peu près avec les mêmes proportions, celles qui ont été employées plusieurs années plus tard dans les locomotives qu'on baptise à tort du nom de système Worsdell-von Borries, nom qui ne doit être appliqué qu'à la valve de démarrage.

M. von Borries avait bien, dès le début, cherché à présenter ses machines comme un *nouveau* système compound, sous prétexte que c'étaient des machines fonctionnant toujours en compound, tandis que les nôtres pouvaient fonctionner de deux manières. Il n'y a là aucune différence de principe, c'est une simple question de mesure. De ce que nos machines *peuvent* fonctionner comme machines ordinaires, il n'en résulte pas qu'elles *doivent* le faire en dehors des cas nécessaires. Or, nous disions déjà en 1877, page 961 de notre Mémoire inséré dans le *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils* : « On peut dire, dès à présent, que la limite du fonctionnement compound s'est en pratique trouvée plus reculée qu'on ne le pensait et que, sauf quelques cas de charge extraordinaire, on n'emploie le fonctionnement direct que pour le démarrage ». C'est ce qui se produit pour toutes nos grandes machines. Il n'y a pas deux systèmes compound. Si les machines sont économiques, c'est parce qu'elles emploient la détente de la vapeur en cylindres successifs, et la disposition qu'appliquent MM. Worsdell et von Borries pour réaliser cette détente est exactement celle que nous avions employée bien avant eux.

Les Américains, désintéressés dans la question d'origine, la jugent plus équitablement. « Il y a certainement peu de justice, dit l'*Engineering News* du 19 avril 1890, page 375, à baptiser le type très original que M. Mallet a réalisé le premier au vu et au su de tout le monde du nom de deux Ingénieurs qui n'ont fait qu'en modifier les détails après lui, quels que soient d'ailleurs le mérite et la valeur personnelle de ces Ingénieurs. Nous avions, comme beaucoup de nos confrères des deux mondes, pris cette mauvaise habitude, mais nous nous en garderons dorénavant. Les machines du chemin de fer de Bayonne à Biarritz ont été le point de départ de la locomotive compound, tout aussi bien que la *Rocket* de Stephenson a été celui de la locomotive actuelle du type ordinaire. »

Chose singulière : il n'est pas sérieusement contesté que la locomotive à double expansion à deux cylindres soit née en France, mais les auteurs étrangers ne manquent jamais de faire remarquer avec quelque malice que c'est certainement là qu'elle

est le moins employée. Il serait bien difficile de donner les raisons de ce fait.

A partir de cette époque on a fait un peu partout des locomotives compound, soit par la construction de machines neuves, soit plus rarement par voie de transformation de machines existantes. Lors de la discussion qui eut lieu sur le Mémoire de M. de Borodine devant l'*Institution of Mechanical Engineers*, en août 1886, M. Thomas Urquhart, Ingénieur en chef du chemin de fer de Griazi-Tsaritsine, en Russie, annonçait qu'il allait faire l'essai du système compound d'après notre disposition : « He was about to alter one six wheels coupled goods engines to the compound principle on Mr Mallet's plan » (1), pour étudier la valeur réelle de ce système. Les résultats ont été tellement favorables que M. Urquhart a déjà actuellement 21 machines transformées. Toutes ces locomotives sont chauffées au pétrole.

Sur les chemins de fer hollandais, M. Middelberg a transformé plusieurs machines en compound et en a fait construire quelques neuves, à peu près vers la même époque. Sur quelques-unes de ces machines, a été appliquée une disposition singulière qui consiste à avoir deux cylindres de volume inégal, mais de même diamètre, la différence se trouvant dans la course; ainsi, les deux cylindres ayant 0,457 *m* de diamètre, la course de l'un était de 0,400 *m* et celle de l'autre de 0,800 *m*; ce qui donne un rapport de 2 entre les volumes. La seule justification de cet arrangement qui n'a d'ailleurs été que transitoire, était la crainte d'avoir des efforts inégaux sur deux pistons de diamètre différent lors de la marche à vapeur directe qui s'effectuait au moyen d'un tiroir de démarrage semblable à ceux de nos machines de Bayonne-Biarritz. Des expériences très intéressantes ont été faites sur ces machines (2).

Il est inutile d'aller plus loin dans cette énumération; il nous suffira de dire que, sur les 900 locomotives compound qui existent en ce moment, 700 à 750, soit à peu près les *huit dixièmes*, appartiennent au type à deux cylindres dont nous nous occupons en ce moment.

Comme nous l'avons dit plus haut, les machines de ce type ne diffèrent des machines primitives de Biarritz que par quelques modifications dans la disposition des organes. Ces organes sont

(1) *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, 1886, page 391.
(2) *Organ*, 1888, p. 191 et 235, et *Revue générale des chemins de fer*, mai 1889.

l'appareil de mise en train et celui de changement de marche. Nous allons passer rapidement en revue les plus importantes des formes employées jusqu'ici pour ces parties.

Appareils de mise en marche.

Les locomotives du chemin de fer de Bayonne à Biarritz ont comme appareil de mise en marche un tiroir dit *de démarrage* placé sur le côté gauche de la boîte à fumée et dont le jeu, déterminé par l'action du chauffeur sur une commande à vis, permet à la machine de fonctionner avec admission au petit cylindre seul et échappement dans le grand, ou avec admission directe et échappement direct pour les deux cylindres, la pression étant réduite, dans ce cas, sur le grand piston par rapport à celle de la chaudière au moyen d'un étranglement ou par l'emploi d'un réducteur automatique de pression. Cet appareil est décrit dans notre Mémoire de 1877 et a été reproduit dans la communication de M. Polonceau, page 32. Il fonctionne d'une manière irréprochable, mais on peut lui reprocher deux défauts : celui d'être un peu volumineux pour de grosses machines auxquelles cependant il a pu être appliqué, et celui d'exiger une manœuvre de force. La forme, et non le principe, de ce tiroir, a été modifiée sur quelques machines du Sud-Ouest Russe où M. de Borodine a employé un tiroir cylindrique ou à pistons; de plus, la seconde difficulté a été écartée par une manœuvre de ce tiroir par la vapeur, au moyen d'un petit robinet à deux fins à la portée du mécanicien.

Nous avons, dès 1884 (1), présenté une disposition moins volumineuse et dont le mouvement s'opère sans manœuvre de force par le mécanicien lui-même, laquelle est représentée sur les figures 5 et 6, pl. 11.

C'est une boite placée sur le côté gauche de la boîte à fumée (fig. 1, pl. 12) et à laquelle se rattachent le tuyau d'échappement du petit cylindre, le tuyau allant au grand cylindre et formant réservoir intermédiaire, et le tuyau d'échappement direct du petit cylindre à la cheminée. Dans la boite se trouve un grand clapet susceptible de fermer le passage du petit cylindre au réservoir, suivant la position qu'il occupe. Sur la même tige est fixé un petit clapet équilibré par un piston et servant à ouvrir ou à fermer la communication entre le petit cylindre et l'échappement au dehors, suivant la position du grand clapet.

(1) Brevet français n° 162,836, 18 juin 1884.

Cette position est déterminée par la pression qui règne dans le réservoir intermédiaire.

Si, par la manœuvre d'un régulateur auxiliaire placé sur le côté droit de la boîte à fumée (fig. 1, pl. 12), on admet la vapeur de la chaudière, à une pression réduite par un détendeur ou un étranglement, dans le réservoir, cette pression ferme le grand clapet et ouvre le clapet d'échappement ; la machine fonctionnera donc comme machine ordinaire. Si on ferme l'arrivée de la vapeur fraîche au réservoir, la pression baissera à celui-ci et il tendra à s'y faire une dépression, laquelle, combinée avec la pression exercée sur la face intérieure du grand clapet par la vapeur d'échappement du petit cylindre, ouvrira ce grand clapet en fermant le petit, de sorte que la marche se transformera en marche en compound.

Le passage d'une marche à l'autre est déterminé par la manœuvre de l'appareil que nous avons appelé régulateur auxiliaire et qui n'exige que le simple déplacement sans effort sensible d'un petit levier par le machiniste. Pour empêcher en marche le ballottement possible des clapets, ce qui ferait perdre de la vapeur par l'échappement direct à la cheminée, et pour rendre en même temps plus rapide le passage de la marche directe à la marche en compound, nous disposons le régulateur auxiliaire d'une manière dont la figure 7, planche 11, donne l'idée, bien que ce soit plutôt une figure schématique. Le robinet *a* ouvre ou ferme, suivant sa position, l'arrivée de la vapeur fraîche au réservoir intermédiaire. La noix de ce robinet porte une cavité qui met en communication un tuyau *m* avec un trou *n* aboutissant au dehors ou, dans une autre position de la noix, avec la vapeur de la chaudière. Le tuyau *m* va rejoindre la boîte à clapets dans la partie en avant du piston d'équilibre. figure 6.

Il résulte de cette disposition que si, l'appareil étant dans la position représentée figure 6, on manœuvre le robinet pour lui donner la position de la figure 7, la vapeur pénètre dans le réservoir intermédiaire et va repousser le grand clapet, tandis que l'avant du piston d'équilibre, se trouvant en communication avec l'extérieur par la cavité du robinet et le trou *n* , il n'y a aucune pression sur ce piston. Si, au contraire, la machine ayant la marche directe, on ferme l'arrivée de la vapeur vive au réservoir, l'avant du piston d'équilibre se trouve pressé par la vapeur venant de la chaudière, ce qui détermine l'ouverture du grand clapet et la marche en compound.

De plus, comme il a été dit plus haut, cette pression empêche tout ballottement des clapets pendant la marche.

Cette disposition fonctionne d'une manière tout à fait satisfaisante; elle a été appliquée à un certain nombre de grosses machines en France, en Suisse et en Autriche; elle figure notamment sur la locomotive compound à six roues couplées des chemins de fer de l'État français exposée à Paris en 1889.

Dans cet arrangement, le passage de la marche directe à la marche compound se fait par l'intervention du mécanicien, mais ce passage pourrait, au besoin, être rendu automatique. On peut, en effet, au moins dans certaines machines, faire actionner le robinet de mise en train de la figure par un organe analogue à un régulateur de vitesse, de telle sorte que la marche en compound se produisit forcément dès que la vitesse de la machine dépasserait un minimum fixé et que, par contre, la machine arrêtée fût toujours prête à repartir avec admission directe aux deux cylindres. Cette disposition est applicable aux locomotives de tramways et à certaines machines qui ont à démarrer à pleine charge, les machines d'extraction, par exemple.

La boîte à clapets qui vient d'être décrite porte sur la partie qui est en communication avec le réservoir intermédiaire une soupape de sûreté chargée à 4 1/2 ou 5 *kg* dont le rôle est notamment de prévenir les conséquences de la fermeture du grand clapet lors de la marche à contre-vapeur.

Au lieu d'avoir les deux clapets sur la même tige et dans le même axe, on peut les disposer l'un à côté de l'autre avec leurs tiges reliées par une sorte de balancier. Cette variante a été exécutée en Russie.

Dans ses premières machines, M. von Borries, ne voulant point employer le fonctionnement direct, même pour le démarrage, et recherchant une simplification excessive de la manœuvre, employa un régulateur représenté sur la figure 8. Dans cette disposition, un petit conduit *ab* amène la vapeur fraîche au réservoir intermédiaire. La figure représente l'appareil au moment du démarrage, la vapeur arrive à la fois aux deux cylindres, au petit par la lumière *a*, au grand par la lumière *d* du régulateur. Si on ouvre davantage le régulateur en le poussant en haut, l'orifice *a* se ferme, tandis que l'arrivée de la vapeur au petit cylindre s'ouvre en grand. Dans la position extrême inférieure, toutes les lumières sont fermées.

Si cet appareil se montra suffisant sur les petites locomotives

pour service omnibus auxquelles il fut appliqué d'abord, il n'en fut pas de même pour les machines de fortes dimensions et, après quelques tâtonnements, M. von Borries dut en venir à une disposition (1) qui permit de partir avec toute la pression de la chaudière sur le petit piston, au lieu de n'avoir que la différence entre cette pression et la pression au réservoir intermédiaire. Cette disposition consiste dans l'interposition à un point du réservoir intermédiaire d'une soupape qui empêche la pression de la vapeur dans ce réservoir de réagir derrière le petit piston, absolument comme dans notre second arrangement décrit plus haut, auquel elle est d'ailleurs postérieure, ainsi qu'on peut en juger par les dates des brevets.

La figure 9 représente la soupape d'interception (*intercepting valve* en anglais et *abschlussventil* en allemand), qui permet à la machine d'agir comme la nôtre pour le départ. « Durch die Anbringung dieses Ventils wird die Compound-Wirkung für das Anfahren beseitigt, die Maschine mithin derjenigen von Mallet ähnlicher (2). »

Au départ, le machiniste pousse la tringle qui porte la soupape V et appuie celle-ci sur son siège, la vapeur de la chaudière s'introduit alors au réservoir intermédiaire par le petit tuyau *c*, elle agit sur le grand piston et ne peut réagir derrière le petit. Lorsque la machine avance, la décharge du petit cylindre fait rouvrir le clapet V, dès que la pression derrière celui-ci devient supérieure à celle qui règne au réservoir intermédiaire. L'arrivée de vapeur par *c* se trouve alors supprimée. On voit que le temps nécessaire pour que cette pression opère l'ouverture du clapet dépend du volume de la partie du réservoir intermédiaire située en amont du clapet, aussi place-t-on celui-ci le plus loin possible du petit cylindre. Néanmoins, comme ce réservoir ne peut jamais être bien grand, l'ouverture du clapet se produit au bout d'un tour au plus, ce qui ne permet le démarrage à pleine pression que pendant un laps de temps très court, tandis que notre disposition décrite plus haut permet de prolonger cette période tant qu'on le désire, jusqu'à ce que, par exemple, la pleine vitesse de marche soit atteinte. De plus, certaines circonstances, telles qu'un patinage ou un refoulement avant le démarrage, amèneraient le remplissage du réservoir et rendraient le départ définitif plus diffficile. C'est ce qui ne peut pas arriver avec la disposition non automatique.

(1) Patente allemande n° 31340, 23 octobre 1884.

(2) *Organ*, 1885, p. 153.

Les figures des pages 46 et 49 du mémoire de M. Polonceau représentent des modifications de la mise en train dont nous nous occupons, où un clapet à charnière remplace la soupape d'interception. C'est, du reste, le système employé par M. Worsdell sur ses machines.

Plus tard, M. Lapage, croyons-nous, modifia la disposition de l'appareil en supprimant entièrement la tringle de manœuvre; c'est la pression même de la vapeur qui ferme le grand clapet et laisse arriver la vapeur de la chaudière au réservoir intermédiaire jusqu'à ce que la pression de l'échappement du petit cylindre devienne suffisante pour ouvrir le grand clapet. Cet appareil représenté page 33 du mémoire de M. Polonceau y est indique comme le clapet de démarrage von Borries.

M. Urquhart emploie, sur ses machines à voyageurs, un système opérant comme le nôtre, mais beaucoup plus compliqué; il faut manœuvrer plusieurs tringles pour faire fermer des clapets et en ouvrir d'autres; cette complication tient, parait-il, à ce qu'on a voulu utiliser, pour la transformation des machines, des pièces provenant de freins à vapeur.

La disposition existant sur la machine compound de la fabrique suisse de locomotives, à Winterthur (n° 29 du tableau), qui était à l'Exposition de 1889 et qui est représentée figure 32 de la planche 219 annexée au mémoire de M. Polonceau, est celle de M. von Borries ou plutôt de Lapage, avec addition d'un petit piston pour aider à la pression sur la partie supérieure de la soupape d'interception et maintenir fermée la prise de vapeur directe. Il arrive en effet que lorsqu'on marche avec une faible pression, par exemple à la descente des pentes, la soupape peut osciller et donner lieu à des rentrées de vapeur. M. von Borries a ajouté à son appareil, dans ses dernières machines, pour prévenir cet effet, un doigt d'arrêt commandé de la plate-forme du mécanicien par une tringle. Dans notre disposition, c'est le piston d'équilibre qui remplit ce but sans autre complication.

La soupape von Borries a été longtemps la seule en usage en Allemagne, on n'y a employé que tout à fait exceptionnellement la valve Henschel et la valve à tiroir de Schichau. Mais, récemment, un Ingénieur des chemins de fer saxons, M. Lindner, pour éviter, disait-il, les difficultés que présente l'usage d'un clapet de retenue lors de la marche à contre-vapeur, est revenu à l'emploi d'un robinet envoyant tout simplement la vapeur de la chaudière par un orifice rétréci au réservoir intermédiaire au moment du dé-

part. Seulement, pour éviter au mécanicien une manœuvre spéciale, ce robinet est disposé d'une façon particulière. La clef a deux canaux à angle droit l'un de l'autre, de manière que le passage soit ouvert aux deux positions extrêmes et fermé à la position intermédiaire. Cette clef est commandée par un levier relié à la barre du changement de marche. Le robinet est ouvert lorsque le relevage est aux positions extrêmes correspondant à 80 0/0 d'admission et se ferme dès qu'on ramène la vis à la position correspondant à 72 à 75 0/0. La figure 10 représente cette disposition qui est employée notamment sur un certain nombre de machines de l'État saxon. Il est assez curieux que l'idée de faire ouvrir l'arrivée directe de la vapeur de la chaudière dans les grands cylindres d'une locomotive compound (à quatre cylindres) au démarrage par les positions extrêmes de l'organe de changement de marche soit indiquée très nettement dans la patente anglaise de Dawes, 20 juin 1872, n° 1857, c'est-à-dire à une époque antérieure aux premières applications du principe de la double expansion aux locomotives. Nous reviendrons sur ce point.

Pour éviter la réaction de la vapeur ainsi introduite dans le réservoir intermédiaire derrière le petit piston et suppléer à l'absence d'un clapet de retenue, M. Lindner pratique dans les bandes du petit tiroir et à l'intérieur deux petits trous de 1 cm^2 environ de section 6×17 *mm* comme il est indiqué figure 11. Au démarrage, la vapeur du réservoir intermédiaire peut ainsi arriver sur les deux faces du petit piston lorsqu'il n'est pas en position d'être poussé par la vapeur motrice et le met en équilibre. Ces orifices sont assez petits pour n'avoir aucune influence pendant la marche.

Dans certaines machines, au lieu du robinet décrit plus haut, M. Lindner a employé une disposition de régulateur ouvrant au départ un orifice auxiliaire allant au réservoir intermédiaire, assez analogue à la première disposition de M. von Borries.

L'efficacité du démarrage Lindner est-elle aussi grande que celle des dispositions à clapet de retenue automatiques ou non? et la nécessité de pousser à fond le changement de marche pour démarrer même une machine seule est-elle moins assujettissante que la manœuvre d'une tringle? Ce sont des questions en discussion actuellement. L'appareil Lindner a déjà été modifié par la maison Krauss, à Munich, qui remplace les trous pratiqués dans les bandes du tiroir par l'addition entre le robinet ci-dessus et le réservoir intermédiaire d'un petit tiroir ou plutôt d'une plaque mue par un renvoi de mouvement de la crosse du piston du petit

cylindre. Lorsque ce piston est aux environs du milieu de sa course, c'est-à-dire en position d'agir pour le démarrage, la plaque ferme le passage de la vapeur de la chaudière au réservoir intermédiaire et empêche toute contrepression derrière le petit piston; si, au contraire, celui-ci est à fin de course, le grand piston est en bonne position et la plaque, débouchant les orifices aux extrémités de sa course, laisse arriver la vapeur de la chaudière au réservoir intermédiaire et, par conséquent, au grand cylindre. Cette disposition ingénieuse produit le même effet que le clapet d'interception ; mais elle est assez compliquée et entraîne la présence de pièces continuellement en mouvement. Les systèmes de démarrages vont se multiplier en nombre infini, chaque constructeur ou chaque ingénieur de traction voulant avoir le sien.

La question des démarrages peut se résumer comme suit : d'un côté, les appareils automatiques permettant la mise en marche sans manœuvre spéciale, mais réduisant à un temps extrêmement court la période énergique d'action de la vapeur, et les appareils non automatiques qui permettent de prolonger cette période pendant le temps nécessaire pour que la machine acquière sa pleine vitesse et qui donnent d'ailleurs une certaine sécurité contre des accidents toujours possibles en cours de route, ainsi que l'expérience l'a déjà démontré (1). Les partisans des premiers reprochent aux seconds une certaine complication, la nécessité d'une manœuvre spéciale (qu'on peut éviter d'ailleurs) et surtout la possibilité qu'ont les mécaniciens de perdre de la vapeur en abusant du fonctionnement direct en dehors du démarrage.

On répond à cette objection que les démarrages automatiques, simples au début, deviennent de plus en plus compliqués par les additions qu'on leur fait pour leur donner la sécurité nécessaire et qu'ils le sont alors autant que les systèmes non automatiques, qu'ils nécessitent des tringles et des leviers comme les autres pour la même raison de sécurité ; qu'à l'époque actuelle où on ne craint pas de surcharger les locomotives d'appareils complexes et les mécaniciens de manœuvres multiples, les uns et les autres souvent dans un but étranger au fonctionnement de la machine proprement dite, ce serait un scrupule exagéré que de supprimer des pièces très simples et une manœuvre insignifiante, telle qu'un

(1) Nous en avons cité un exemple remarquable dans notre communication sur le chemin de fer de Bayonne-Biarritz (*Société des Ingénieurs civils*, 1887, t. I, page 889). M. Urquhart en donne aussi un cas (*Institution of Mechanical Engineers*, 1890, p. 101).

simple déplacement de levier à chaque démarrage, en privant la machine d'une partie de ses qualités les plus essentielles. Quant à la crainte de voir les mécaniciens abuser de l'introduction directe de la vapeur, voici ce que dit M. Thomas Urquhart qui emploie des appareils non automatiques : « Quant à la possibilité de perdre de la vapeur par un usage abusif de la valve de démarrage, on est suffisamment garanti par les primes payées aux machinistes ; ceux-ci veillent à leurs intérêts et ne se servent pas de cette valve plus qu'il n'est nécessaire (1) ».

Sur les lignes du Sud-Ouest Russe, où on n'emploie également que des appareils non automatiques, on n'a jamais éprouvé aucun inconvénient de ce chef.

On obtient des économies aussi importantes sur ces deux lignes que sur n'importe laquelle employant des appareils automatiques, et il est certain que ceux-ci exigent, à effet égal, des pressions plus élevées à la chaudière, si on ne veut ou ne peut pas augmenter le diamètre du petit cylindre, comme le fait remarquer avec raison M. L. Lœvy, Ingénieur-chef des études du matériel et de la traction des chemins de fer du Sud-Ouest de la Russie, qui conclut à la supériorité du système non automatique employé sur cette ligne. En Russie, l'administration n'autorise pas l'emploi de pressions supérieures à 11 *kg* effectifs, ce qui donne un intérêt sérieux à la considération énoncée plus haut.

Changement de marche.

Lorsque le rapport de volumes des cylindres d'une locomotive compound est peu élevé, de 2 à 2,1 ou à peu près, il est indispensable de donner aux deux cylindres des admissions différentes. Les raisons en sont connues; il est inutile de les exposer de nouveau ici : nous renvoyons sur ce sujet à ce que nous avons dit dans la séance du 6 août 1886.

Les trois premières locomotives de Biarritz ayant des rapports de volume très élevés: 2,78, il n'y avait pas à se préoccuper de cette question. Sur les deux suivantes, dont le rapport était beaucoup moindre, nous avons employé un système permettant de varier l'introduction séparément à chaque cylindre tout en laissant les deux distributions liées pour le renversement de la marche (2), disposition qui a été quelquefois représentée inexacte-

(1) *Institution of Mechanical Engineers*, 1890, page 58.
(2) *Société des Ingénieurs civils*, 1877, planche 110.

ment comme formée de deux commandes indépendantes. Cet appareil a été employé sur la machine d'essai de M. de Borodine et sur diverses autres et également sur la machine compound 701 du chemin de fer du Nord.

Cette disposition a été modifiée par M. de Borodine d'une manière très élégante sur quelques machines, par l'emploi d'une vis creuse au lieu d'une vis pleine pour le changement de marche, cette vis contenant une seconde vis commandant la distribution du petit cylindre, cette dernière vis faisant fonction du levier de la distribution primitive.

M. Webb a employé une disposition, réalisant le même objet, décrite dans le mémoire de M. Polonceau, page 44.

Il est certain que la possibilité de donner, dans toutes les conditions de la marche, les introductions rigoureusement nécessaires aux deux cylindres permet d'obtenir, non seulement le fonctionnement le plus économique, mais encore *l'effort maximum* à la marche compound. Cette dernière considération est très bien expliquée dans le mémoire de M. Pulin, pages 827 et suivantes.

Mais il est non moins certain que, si les mécaniciens ne suivent pas à la lettre les instructions qui leur sont données et n'emploient pas les introductions convenables, ils tireront un mauvais parti de leur machine. Cette objection a été faite avec quelque raison à notre disposition par M. von Borries, qui avait d'abord employé sur ses premières petites machines un arrangement analogue et qui emploie depuis un système variant les admissions aux deux cylindres d'une manière automatique. Ce système consiste dans un calage différent des leviers de suspension des coulisses, figure 12, ou dans une longueur différente des bielles de suspension des mêmes coulisses. On comprend que, lorsque le levier de commande L se déplace vers la droite de la position en traits pleins à la position en traits ponctués, le levier 2 déplacera sa coulisse moins vite que le levier 1 la sienne. On obtient ainsi les introductions correspondantes suivantes pour la marche en avant :

Petit cylindre.	Grand cylindre.
0,75	0,75
0,40	0,50
0,20	0,33

Mais la marche en arrière est complètement sacrifiée ; c'est quelquefois sans grande importance, mais il n'en est pas toujours

de même et, en tout cas, cette imperfection donne lieu à une objection sérieuse. Nous y avons obvié par une disposition différentielle, dont les figures 14 et 15 donnent le principe.

Un arbre O porte un levier A formant une coulisse dans laquelle glisse un coulisseau dont l'axe est à l'extrémité d'un levier B calé sur l'arbre O'. Si le système se déplace entre les positions extrêmes représentées sur la figure 15, on voit que les déplacements angulaires du levier A sont moins rapides que ceux du levier B. Si donc O' est l'arbre de changement de marche et que la coulisse du petit cylindre soit suspendue au levier B et la coulisse du grand au levier A, on aura les introductions au grand cylindre plus prolongées qu'au petit, comme dans la suspension von Borries, mais les points morts seront communs et la proportion des admissions la même pour les marches en avant et en arrière. On a généralement intérêt à renvoyer la suspension du grand cylindre de l'arbre auxiliaire O à l'arbre même de relevage O' par un système de leviers tel que celui qui est représenté sur la figure 13. La coulisse du grand cylindre est alors suspendue à un levier fou sur l'arbre de relevage et actionné par le mouvement différentiel. Cette disposition, appliquée d'abord à la machine 102 des chemins de fer de la Suisse Occidentale (aujourd'hui, 502, Jura-Simplon) machine type Bourbonnais transformée en compound aux ateliers de la Suisse Occidentale, à Yverdon en 1887-88, et représentée figures 1, 2 et 3, pl. 12, a parfaitement réussi ; elle est également employée sur des machines autrichiennes et sur la machine compound des chemins de fer de l'État français qui était à l'Exposition de 1889. Ce système a été reproduit tout récemment par un Ingénieur de la maison Henschel et fils, de Cassel, et appliqué à des locomotives compound de l'État prussien (1).

Pour faire apprécier l'avantage qui résulte de son emploi par rapport à la suspension par leviers calés à des angles inégaux, nous reproduisons, d'après l'article précité de l'*Organ*, un tableau donnant les admissions relatives aux deux cylindres dans les deux cas et pour les deux sens de la marche. Il s'agit d'une distribution par coulisse droite du type Allan.

(1) *Organ*, 1889, page 224 et *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*, 1890 2 février, page 170, et 29 mars, page 323.

SUSPENSION PRIMITIVE				SUSPENSION PERFECTIONNÉE			
MARCHE AVANT		MARCHE ARRIÈRE		MARCHE AVANT		MARCHE ARRIÈRE	
H. P.	B. P.	H. P.	B. P.	H. P.	B. P.	H. P.	B. P.
0,80	0,82	0,80	0,78	0,80	0,80	0,80	0,80
0,70	0,74	0,70	0,67	0,70	0,70	0,70	0,75
0,60	0,65	0,60	0,55	0,60	0,66	0,60	0,68
0,50	0,59	0,50	0,43	0,50	0,58	0,50	0,60
0,42	0,51	0,40	0,32	0,40	0,50	0,40	0,50
0,31	0,43	0,31	0,21	0,30	0,40	0,30	0,34
0,20	0,32	0,20	0,12	0,20	0,24	0,20	0,27

Dans certaines machines, on donne moins d'avance et de recouvrement au tiroir du grand cylindre, de manière que les admissions restent plus longues à ce cylindre qu'au petit, et on est conduit ainsi à donner plus de course aux excentriques. C'est un assujettissement en même temps qu'une solution moins satisfaisante au point de vue de la bonne utilisation de la vapeur.

Lorsqu'on peut établir le rapport de volume des cylindres à 2,20 ou 2,25 et au-dessus, on peut sans inconvénient bien sensible laisser les distributions liées, et c'est de toutes les solutions la plus simple et la meilleure. On ne le peut malheureusement pas toujours, parce qu'on est quelquefois limité pour le diamètre à donner au grand cylindre.

Ce que nous venons de dire relativement à la liaison des distributions est-il en contradiction avec la conclusion formulée par M. de Borodine dans son mémoire de 1886, savoir que : « il est impossible de trouver des combinaisons permanentes d'admission pour les deux cylindres avec lesquelles le travail développé serait le même dans le petit et le grand cylindre pour toutes les vitesses et toutes les pressions qui se présentent dans le service des locomotives? » Nous ne le pensons pas. On doit chercher à éviter à la fois une trop grande inégalité de travail des deux cylindres et une chute de pression exagérée entre ces organes, et toute disposition qui conciliera cette double condition dans des limites suffisantes pour la pratique et d'une manière automatique pourra être préférée dans la plupart des cas à une disposition plus parfaite théoriquement, mais laissant trop de part à l'initiative du machiniste. Le raisonnement de M. de Borodine ne s'appliquait d'ailleurs qu'à la machine expérimentée par lui où le rapport de volume des deux cylindres était de 2,04.

Le seul détail sur lequel nous ayons à nous arrêter encore est le réservoir intermédiaire. Celui-ci est généralement formé par le tuyau de jonction des deux cylindres, lequel est placé dans la boite à fumée et cintré pour en embrasser le contour supérieur. C'est la disposition que nous avions dès le début employée sur les machines de Biarritz et qui a été partout reproduite. Par exceptiou, sur quelques machines à voyageurs de M. von Borries, les cylindres, étant notablement en arrière de la boite à fumée, ont été réunis par un réservoir cylindrique placé sous la chaudière; cette disposition est représentée sur les figures 1 à 4 de la planche 216 annexée au mémoire de M. Polonceau. Dans certaines machines allemandes récentes, le tuyau de communication contourne extérieurement le corps cylindrique.

Enfin dans les machines de l'Etat saxon, ou du moins dans quelques-unes, le tuyau formant réservoir intermédiaire passe, sur une certaine longueur, daus la chambre à vapeur de la chaudière.

Le réchauffage du réservoir intermédiaire est certainement utile, surtout lorsqu'il peut être fait gratuitement comme par les gaz de la boite à fumée et non au détriment de la vapeur de la chaudière; mais il ne faut pas chercher à obtenir ce réchauffage par des circuits longs, compliqués et nécessitant des joints nombreux, parce qu'on perd par la résistance à la circulation de la vapeur plus qu'on ne gagne par le séchage de celle-ci. La pratique des machines marines le confirme; on a complètement renoncé au réchauffage intermédiaire, qui avait été surtout prôné et appliqué par Benjamin Normand; on préfère faire les passages de vapeur d'un cylindre à l'autre aussi courts et directs que possible. La meilleure solution pour les locomotives est la traversée simple de la boite à fumée lorsque la position des cylindres le permet, ce qui est le cas le plus général.

Avant de quitter le sujet des locomotives compound à deux cylindres, il nous reste à examiner brièvement deux objections faites spécialement à ce type.

Nous disions en 1877 que la seule limite à son emploi était dans les dimensions qu'il était possible de donner au grand cylindre. Cette limite s'est trouvée beaucoup plus reculée que nous ne le pensions à cette époque.

M. Polonceau a cru pouvoir dire, page 67 de son mémoire, que: « Il faudrait être libre de donner aux cylindres les dimensions voulues; or, entre les longerons, la place est insuffisante et, en dehors, la place manque par suite du gabarit. Donc, conclut

M. Polonceau, la locomotive compound établie ainsi à deux cylindres n'est pas économique. »

On a pu réaliser jusqu'ici en compound à deux cylindres tous les types de machines existant, de 1 à 4 essieux moteurs. Les grands cylindres de 650 pour les fortes machines à 6 roues couplées correspondent aux cylindres de 450 à 460 des machines ordinaires, avec des rapports de volumes de 2,08 et 2; les grands cylindres de 665 et de 710, donnant des rapports de 2 environ, sont employés sur les machines à 8 roues couplées ayant des cylindres ordinaires de 470 ou 500, machines qui se construisent en grand nombre pour les chemins de fer russes, avec des poids de 40 à 51 tonnes (1). M. Worsdell a pu loger à l'intérieur des longerons (n° 27 du tableau) un cylindre de 0,508 *m* et un de 0,712 *m* par un artifice consistant à incliner l'axe de l'un des cylindres dans un sens et celui de l'autre dans l'autre sens, mais en abaissant, il est vrai, le rapport des volumes à 1,96.

Il a été récemment construit aux États-Unis, par les Schenectady Locomotive Works pour le Michigan Central Railroad, une locomotive compound (2) dont la figure 9, planche 12, donne une coupe en travers et dont le grand cylindre a pu recevoir le diamètre énorme de 29 pouces anglais, soit 0,737 *m*. Voici, du reste, les dimensions les plus importantes de cette locomotive, qui a donné des résultats très satisfaisants et paraît être le point de départ d'une application étendue de la double expansion sur les chemins de fer des États-Unis :

Surface de grille..	2,11 m^2
Surface de chauffe directe.	12,75
— — tubulaire.	143,21
— — totale	155,96
Pression à la chaudière	12,85
Diamètre des cylindres	0,508 — 0,737
Rapport des volumes..	2,1
Course des pistons	0,610
Diamètre des six roues accouplées	1,728
Poids en service sur les roues accouplées	43,940 *kg*
— — total	57,440

(1) Dans la transformation que nous avons faite de machines à 8 roues couplées de la Société Autrichienne-Hongroise des chemins de fer de l'Etat (n° 10 du tableau), nous avons dû incliner légèrement le grand cylindre, tandis que l'autre cylindre conservait sa position horizontale. M. Urquhart a opéré de même pour la transformation de machines à 8 roues couplées de la ligne de Griazi-Tzaritzine (voir *Institution of Mechanical Engineers*, 1890, planches 25 et 26).

(2) *Railroad Gazette*, 31 janvier 1890, page 73, *Engineering News*, 1890, page 220.

Cette machine est munie d'une valve de démarrage automatique du système Pitkin, placée en A.

Les mêmes ateliers construisent en ce moment plusieurs machines type *Consolidation*, avec la même disposition et les mêmes dimensions de cylindres que la machine précédente.

C'est généralement beaucoup plus la position des longerons que le gabarit qui limite les dimensions qu'on peut donner au grand cylindre. Pour cette raison, on est beaucoup plus à l'aise dans les machines neuves que dans les machines à transformer.

Si nous contestons l'exactitude absolue de la conclusion de M. Polonceau, nous ne nous sommes pas moins préoccupés des moyens de donner au grand cylindre des dimensions suffisantes, non tant pour obtenir la puissance nécessaire que pour réaliser un rapport de volumes qui permette, d'une part, de simplifier la commande des distributions et, de l'autre, d'utiliser par une expansion proportionnée les pressions de plus en plus élevées qu'on tend à employer sur les chemins de fer.

Nous avions pensé, il y a quelques années (1) (fig. 19 et 20, pl. 11), à dédoubler le grand cylindre en le remplaçant par deux égaux au petit cylindre et superposés avec un seul tiroir pour les deux, ce qui occupe moins de place dans le sens de la largeur. Cette disposition a été proposée de nouveau récemment par M. Lapage (2).

Nous avons proposé, également, de placer les cylindres dans l'axe longitudinal de la machine entre les longerons et l'un devant l'autre en *tandem*, ce qui présente le double avantage de permettre l'emploi de diamètres considérables et, en ramenant tout l'effort moteur dans l'axe de la machine, d'affranchir les locomotives des perturbations dans le sens transversal, même aux plus grandes vitesses. M. Polonceau a bien voulu mentionner ce projet dans son mémoire, page 62.

Nous avons étudié deux dispositions de ce genre pour machines à grande vitesse. Dans l'une (fig. 7 et 8, pl. 12, et n° 13 du tableau), les cylindres sont l'un devant l'autre ; le grand cylindre attaque le coude central de l'essieu moteur et le petit, par une traverse et des bielles extérieures, actionne deux boutons de manivelles implantés dans les roues dans la même position et à 90° du coude central. Ces boutons de manivelles portent des contre-manivelles très courtes deviant de 45°, l'un dans un sens, l'autre dans l'autre,

(1) Certificat d'addition en date du 22 juillet 1879 à notre brevet n° 105272.

(2 Patente anglaise, 268, 7 janvier 1889.

les boutons des manivelles d'accouplement qui se trouvent ainsi à 90° l'un par rapport à l'autre comme d'habitude. Le reste de la machine ne présente rien de particulier.

Les cylindres auraient 0,540 *m* et 0,810 *m* de diamètre, donnant un rapport de volumes de 1 à 2,25, 0,610 de course, les roues 2,150 *m* de diamètre. La machine pèserait environ 50 tonnes en service dont 30 sur les deux essieux moteurs. La pression serait de 12 *kg*.

La seconde disposition, qui a été étudiée dans tous ses détails avec le plus grand soin par notre collègue, M. Ad. Brunner, est représentée sur les figures 12 à 16 de la même planche.

Les cylindres sont à la fois dans l'axe longitudinal et dans la partie centrale de la machine, c'est-à-dire au point le plus favorable pour la stabilité ; chacun commande par une bielle en retour le coude central d'un des essieux et les deux essieux sont accouplés par des bielles extérieures de manière à conserver la position relative des deux coudes à 90° l'un de l'autre. Les dimensions et poids seraient à peu près les mêmes que pour le type précédent, elles se trouvent dans le tableau général n° 14. On voit que les bielles d'accouplement ne travaillent guère qu'au démarrage, aussi pourrait-on sans inconvénient leur donner une longueur inusitée, allant de 3 à 3,50 *m*.

Nous avons dit plus haut que l'objection basée sur la dyssymétrie de la machine avait disparu devant l'expérience. Ce n'est peut-être pas tout à fait rigoureux. Cette objection est restée pour ainsi dire à l'état de légende dont l'origine est assez curieuse.

Dans sa communication, en 1883, sur les locomotives compound devant l'*Institution of Mechanical Engineers*, M. F. W. Webb s'exprimait ainsi (1) : « Le sujet n'est pas nouveau pour l'Institution, car il a déjà été traité devant elle à l'occasion des machines du chemin de fer de Bayonne à Biarritz par M. A. Mallet qui avait réussi à obtenir une machine économique, mais sous une forme qui n'aurait *probablement* pas assez de stabilité à de grandes vitesses (*in a form not likely to be a steady one at high speeds*). Cette phrase, très admissible dans la bouche de M. Webb, qui exposait les raisons qui l'avaient amené à se départir des formes usuelles pour son nouveau type, a été reproduite en français et peu à peu modifiée jusqu'à être complètement défigurée. Ainsi un de nos grands vulgarisateurs, M. Louis Figuier, dit dans son *Supplément aux Merveilles de la Science*, page 265 : « La locomotive Mallet constituait

(1) *Institution of Mechanical Engineers*, 1883, p. 438.

donc un notable perfectionnement au point de vue de l'économie de combustible ; mais le reproche qu'on lui adressait, c'était de manquer de stabilité et de se refuser, par conséquent, aux grandes vitesses ». On voit que la simple probabilité est devenue un fait acquis. De même, dans une serie d'articles très remarqués sur l'*Exposition de 1889 et les chemins de fer* (1), un ancien Ingénieur au corps des mines, M. A. de Lapparent, tombe dans la même exagération : « Au point de vue de la stabilité, comme aussi de la distribution des efforts, il y avait dans ce défaut de symétrie (des locomotives de Bayonne-Biarritz) un inconvénient réel. Cependant nous retrouvons au Champ de Mars le système Mallet appliqué sur une locomotive du réseau de l'État ainsi que sur une machine du chemin de fer Jura-Berne-Lucerne ». L'étonnement que semble manifester M. de Lapparent de voir cette disposition, qui présente d'après lui un inconvénient réel, reproduite sur deux machines, aurait été bien plus grand s'il eût su qu'elle existait sur plus de *sept cents* locomotives dont un nombre assez considérable à grande vitesse.

II. — Machines a trois cylindres

La première idée d'une locomotive compound à trois cylindres paraît avoir été émise publiquement par notre collègue M. Jules Morandière dans un avant-projet publié dans l'*Engineering* du 23 novembre 1866. Dans cette disposition proposée pour le Métropolitain de Londres, il y avait deux groupes de deux essieux accouplés chacun, l'un commandé par un cylindre, l'autre par deux. Le premier cylindre était le cylindre à haute pression et les deux autres, les cylindres à basse pression d'un appareil compound. Cette étude a été reproduite par plusieurs publications, notamment dans l'*Organ* et dans le *Handbuch für specielle Eisenbahn Teknik* de Heusinger von Waldeg, volume III, page 894. Nous renverrons pour cette question à nos chroniques de février et mai 1882, dont la seconde contient des explications personnelles fort intéressantes de M. Morandière sur ce sujet.

Pendant qu'on étudiait au Creusot la question des machines du Bayonne-Biarritz, notre collègue M. Andrade, alors Ingénieur de la marine et en résidence à l'usine, proposa d'employer au lieu de deux cylindres dyssymétriques, trois cylindres, l'un au centre recevant la vapeur, les deux autres à l'extérieur utilisant la dé-

(1) *Correspondant*, n° du 10 septembre 1889, page 852.

charge du premier ; ces cylindres commandaient le même essieu par des manivelles calées à 120° les unes des autres. Un tiroir de démarrage semblable à celui des machines de Biarritz, mais mû par un cylindre à vapeur, permettait de faire agir l'appareil comme machine compound ou comme machine ordinaire (1).

Presque à la même époque, un Ingénieur suisse, John Moschell, préconisa dans le journal *Eisenbahn* (2) l'emploi dans les locomotives des enveloppes de vapeur et du système compound sous la forme à trois cylindres. Nous répondîmes à ces articles en soutenant la supériorité du type à deux cylindres ou, si la puissance de la machine le rendait insuffisant, du type à quatre cylindres disposés deux à deux l'un devant l'autre en tandem. On nous permettra de citer une phrase d'un de ces articles, phrase qui a aujourd'hui son importance : « Si les machines ne sont pas actuellement trop chargées à l'avant », disions-nous (*Eisenbahn*, 1876, vol. I, page 268), « on pourra à très peu de frais les mettre dans des conditions de fonctionnement beaucoup plus économiques ou même, en changeant les grands cylindres, augmenter de 20 à 30 0/0 la puissance, à condition toutefois que le poids adhérent reste dans une proportion convenable avec l'effort de traction. Ce sera facile à obtenir dans une quantité de machines où les essieux ne portent pas plus de 9 à 10 *t*. »

Cette solution était rationnelle, c'est celle qui a été adoptée par la Compagnie du chemin de fer du Nord, juste dix ans après, pour des machines à huit roues couplées.

La première locomotive compound à trois cylindres qui ait été exécutée, a été faite en 1881, à l'usine Struwe, à Kolomna (Russie). Les trois cylindres, celui à haute pression au centre, et les deux cylindres à basse pression à l'extérieur, actionnaient le même essieu, le premier, par un coude central, et les seconds par des boutons de manivelles extérieurs, calés dans la même position et à 90° de la manivelle du cylindre à haute pression. C'est, comme on va le voir, la disposition projetée d'abord par M. Webb, auquel la priorité devrait revenir, car la patente allemande pour la machine Struwe est du 14 octobre 1879, alors que l'Ingénieur anglais parlait au mois de juin de la même année.

Les résultats ne furent pas favorables, paraît-il. Il a été publié fort peu de choses sur cette machine ; on trouve une note avec

(1) Brevet français, n° 109,900, 12 octobre 1875.
(2) *Eisenbahn*, 1876, vol. I, p. 164, 267, 313 ; vol. II, p. 4.

un croquis sommaire dans le volume 239, page 12, du *Dingler's Polytechnische Journal.*

C'est à la fin de 1881 que M. F. W. Webb réalisa son type célèbre par la construction de la machine *Experiment* (nº 34 du tableau). M. Webb, convaincu de l'avantage économique du fonctionnement compound par l'essai qu'il en avait fait sur une petite locomotive de notre type, pensa d'abord à établir une machine à grande vitesse d'après le modèle à trois cylindres de Stephenson en faisant agir la vapeur en premier lieu dans les cylindres extérieurs, puis dans le cylindre central, les premiers actionnant des manivelles calées dans la même position et à angle droit du coude central de l'essieu. On aurait réalisé ainsi un type économique et d'une très grande stabilité (1) aux vitesses considérables. M. Webb pensa qu'on pouvait encore obtenir un avantage supplémentaire par la suppression des bielles d'accouplement en faisant agir les cylindres à haute pression sur un essieu et le cylindre à basse pression sur un autre essieu, ces deux essieux n'étant accouplés pour ainsi dire que par la vapeur ; il ne recula pas pour réaliser ce programme devant la commande d'un essieu par un cylindre unique.

Ce type, qui a subi des modifications de détail sans avoir jamais dévié de son caractère essentiel, a été porté par son auteur à un haut degré de perfection. Il a été accueilli avec une grande faveur dès ses débuts et l'enthousiasme de ses admirateurs a été jusqu'à le proclamer la *solution la plus intelligente du problème de la locomotive compound.*

Il a fallu à M. Webb une persévérance et une habileté auxquelles personne ne rend plus volontiers justice que nous pour tirer les brillants résultats qu'il a obtenus d'un type ingrat, nous devrions même dire peu rationnel, car il repose en partie sur un principe erroné, l'emploi d'un essieu commandé par un cylindre unique dans une locomotive. Le vice de cette disposition n'est pas seulement dans le fait que, lorsqu'au départ ce cylindre se trouve à un point mort, il ne peut concourir au démarrage. Il y a une autre conséquence, encore plus grave peut-être, qui a été très rarement indiquée. Nous avons étudié complètement cette question dans le *Génie civil,* nº du 22 novembre 1884, et nous ne ferons que reproduire ici les conclusions auxquelles nous étions arrivés.

Le point de départ est l'excessive variation dans les moments de rotation autour de l'axe moteur que produit l'emploi d'un cylindre unique, comparativement à l'emploi de deux cylindres de

1) *Institution of Mechanical Engineers,* 1879, page 350.

section totale équivalente, actionnant des manivelles à angle droit.

En calculant ces moments d'après les diagrammes d'indicateur de la planche 44 annexée à la communication de M. Webb à l'*Institution of Mechanical Engineers* en 1883, pour la marche à pleine admission (70 0/0 environ) aux petits cylindres et pour la marche à l'admission de 35 0/0 dans ces mêmes petits cylindres, c'est-à-dire à faible vitesse et à grande vitesse, d'abord pour l'essieu commandé par le grand cylindre et ensuite pour ce même essieu s'il était commandé par deux cylindres de section totale équivalente actionnant des manivelles à angle droit, on obtient les résultats suivants pour les efforts tangentiels à la circonférence des roues motrices.

	PLEINE ADMISSION		ADMISSION 0,35	
	1 cylindre	2 cylindres	1 cylindre	2 cylindres
	kg	*kg*	*kg*	*kg*
Effort tangentiel moyen. . .	1 818	1 818	586	586
— maximum .	3 437	2 500	1 330	833
— minimum .	— 150	1 450	— 200	500
Écart	3 587	1 050	1 530	333
Rapport $\frac{\text{effort maximum}}{\text{effort moyen}}$.	1,89	1,38	2,27	1,42

Si on compare le cas du cylindre unique et celui des deux cylindres conjugués, on trouve les rapports ci-dessous :

	PLEINE ADMISSION	ADMISSION 0,35
Rapport des efforts maximum.	1,37	1,60
— des écarts.	3,43	4,59
Rapport des $\frac{\text{efforts maxima}}{\text{efforts moyens}}$.	1,37	1,60

Dans l'équation générale du mouvement de la locomotive

$$p \frac{d^2l}{D} \leqq fP,$$

comme p est une pression moyenne, on prend f assez éloigné de l'unité pour être assuré que, sauf dans des conditions exceptionnelles, l'effort moteur à la jante des roues ne dépassera pas l'adhérence fP, et on pourra évidemment le prendre d'autant plus grand

que les variations de p au-dessus de la moyenne seront moins considérables.

Si on rapproche les efforts tangentiels trouvés ci-dessus du poids représenté par l'essieu moteur avant de la machine Webb indiqué à 14,20 *t*, soit 14 413 *kg*, on trouve les résultats suivants :

	PLEINE ADMISSION		ADMISSION 0,35	
	1 cylindre	2 cylindres	1 cylindre	2 cylindres
Adhérence pour l'effort moyen	$\frac{1}{7,9}$	$\frac{1}{7,9}$	$\frac{1}{24,59}$	$\frac{1}{24,59}$
— — maximum	$\frac{1}{4,19}$	$\frac{1}{5,76}$	$\frac{1}{10,84}$	$\frac{1}{17,54}$

Donc à pleine admission, l'adhérence descend à $\frac{1}{4,19}$ pour une adhérence moyenne nécessaire de $\frac{1}{7,9}$ avec un cylindre et à $\frac{1}{5,76}$ pour la même adhérence moyenne avec deux cylindres, d'où, au point de vue de l'adhérence, la machine à deux cylindres peut exercer un effort de traction de $\frac{7,9}{5,76} = 1,375$ par rapport à la machine à cylindre unique, soit bien près de 40 0/0 en plus, ou 20 0/0 d'augmentation environ pour la machine complète.

Dans les machines fixes, on combat la variation du moment de rotation par l'emploi de volants plus ou moins lourds. Dans la locomotive, les roues font également volant, mais, dans la machine Webb, on ne dispose que d'une paire de roues dont les jantes et les bandages ont un poids insuffisant pour régulariser le moment de rotation au-dessous d'une certaine vitesse qu'un calcul très simple indique être, en nombre rond, égal à 150 tours par minute, soit 56 *km* à l'heure. Au-dessous de cette vitesse, l'effort tangentiel sera périodiquement supérieur à l'adhérence et amènera un glissement qu'on ne pourra prévenir qu'à la condition de ne faire faire au grand cylindre qu'un travail relativement faible, c'est ce qui a lieu dans la machine Webb.

Il est à peine besoin d'indiquer qu'on ne saurait faire entrer en ligne de compte le poids de la machine et celui du train pour suppléer à l'insuffisance du volant formé par les roues, puisque leur masse n'est en relation avec celle des roues motrices que par l'intermédiaire de l'adhérence; c'est un cas analogue à celui d'une machine fixe où le volant serait placé sur un arbre commandé

par l'arbre à manivelles au moyen d'une courroie ou d'une transmission à friction. Il en serait autrement pour une locomotive à crémaillère où l'avancement se produit sans glissement possible par rapport à la voie.

La difficulté disparaît lorsque la vitesse est considérable, cette machine est donc essentiellement une machine rapide, mais jusqu'à ce qu'elle ait atteint le nombre de tours approximativement indiqué plus haut, elle se trouve dans une période tout à fait défavorable. Ce n'est pas tant l'incertitude du démarrage qu'on doit lui reprocher, que l'irrégularité de la marche des roues motrices d'avant, pendant le laps de temps nécessaire pour atteindre le minimum de vitesse tolérable.

On peut mettre l'objection que nous venons de développer en lumière d'une façon extrêmement simple, de la manière suivante: la machine *Dreadnought*, page 43 du mémoire de M. Polonceau, a un grand cylindre de 0,762 *m* de diamètre, soit 4 560 cm^2 de section ; une pression au réservoir de 4 *kg* par centimètre carré qui serait nécessaire pour la bonne utilisation de la vapeur représente un effort de 18 240 *kg*, réduits à la circonférence des roues motrices pour la position du milieu de la course à $18240 \times \frac{0,305}{0,95}$ $= 18240 \times 0,321 = 5855$ *kg* qui, pour 15 *t* de charge de l'essieu, donnent un coefficient d'adhérence de $\frac{1}{2,56}$. Il y aurait évidemment à déduire les frottements et résistances du mécanisme provenant entre autres de l'obliquité des bielles, mais l'effort n'en est pas moins excessif. Avec deux cylindres de même section totale que le cylindre unique, l'effort tomberait à la moitié et le coefficient d'adhérence monterait au double, soit $\frac{1}{5,12}$, ce qui est beaucoup plus admissible.

Avec le cylindre unique, on est forcément conduit avant d'atteindre la vitesse normale à réduire par une admission prolongée, diminuant la pression au réservoir intermédiaire, la part de travail de ce cylindre, condition qui, en dehors d'une mauvaise utilisation des poids et du mécanisme, amène une répartition très inégale des chutes de température entre les deux groupes, laquelle, aussi bien que celle des pressions, fait perdre une partie des avantages du fonctionnement compound.

Pour utiliser cette différence des efforts sur chaque groupe, M. Webb a, dans quelques machines destinées à des services spé-

ciaux, accouplé un second essieu avec l'essieu commandé par ses cylindres à haute pression. La machine se trouve ainsi dans de meilleures conditions pour démarrer des trains un peu lourds, mais le fonctionnement compound n'a plus guère de raison d'être conservé, car l'inégale répartition entre les cylindres des chutes de pression et de température n'est pas une condition qui lui soit favorable.

Ne serait-il pas plus rationnel dans ces machines d'accoupler l'essieu additionnel avec celui du cylindre à basse pression, de manière à augmenter la masse régulatrice et à permettre ainsi d'utiliser l'effort que peut développer ce cylindre, si toutefois on pouvait trouver un arrangement convenable pour y arriver?

La machine Webb échappe difficilement à ce dilemme, ne pouvoir utiliser complètement son adhérence à faible vitesse, et être à peine justifiée à grande vitesse à cause de sa complication. Les bielles d'accouplement supprimées sont remplacées par un grand cylindre et son mécanisme complet.

« N'est-ce pas, disions-nous dans l'article précité du *Génie civil*, payer bien cher la suppression de ces bielles d'accouplement, si elle ramène, au moins pour le démarrage, la machine à la puissance d'une locomotive qui n'aurait pas besoin de bielles d'accouplement, en un mot d'une machine à roues libres, c'est-à-dire à un seul essieu moteur? » C'est pourtant le cas.

On trouve, dans le mémoire de M. Polonceau, page 43, un calcul de l'effort de traction exercé par la machine Webb du chemin de fer de l'Ouest, d'où résulterait que cet effort en marche normale, c'est-à-dire en vitesse, atteindrait pour les deux cylindres à haute pression 2 290 *kg* et, pour le grand cylindre 2 170, total 4 460, permettant de traîner un train composé de 19 véhicules à 10 *t*.

Ce calcul renferme un certain nombre d'omissions échappées à l'attention de l'auteur et qui vicient complètement le résultat. Voici comment il aurait dû être établi :

Avec 33 0/0 d'admission aux petits cylindres et 70 0/0 au grand, en supposant des espaces neutres d'environ 7 0/0, on arrive à une expansion de 2,70 aux petits cylindres et de 1,30 au grand.

Si on appelle p' la pression au réservoir intermédiaire (absolue), p_1 la pression (absolue) à l'admission, M la détente dans le grand cylindre, m la détente dans les petits, et n le rapport des volumes des deux cylindres, on a :

$$p' = p_1 \frac{M}{mn}.$$

En faisant $p_1 = 11$ *kg* et n 1,88 au lieu de 2 à cause des espaces neutres, et en donnant à M et m les valeurs trouvées ci-dessus, on obtient :

$$p' = 11 \times \frac{1,30}{27 \times 1,88} = 2,82\ kg \text{ (absolu)}.$$

Si on applique aux divers cylindres la formule connue :

$$p_m = \frac{p_1}{r}\left(1 + \text{log. nep. } r - \frac{p_3 r}{p_1}\right)$$

dans laquelle p_1 est la pression absolue initiale, r la détente, p_3 la contrepression; on trouve avec les valeurs données plus haut pour la pression moyenne p_m :

Petits cylindres $p_m = 4,95$ *kg* au lieu de 6,95 *kg*,
Grand — — 1,77 — 3,30

L'effort de traction deviendrait alors 1 630 *kg* pour les petits cylindres et 1 165 pour les grands, total 2 795 au lieu de 4 460 *kg*. Si on prélève, comme dans le calcul donné par M. Polonceau, 1 640 *kg* pour la traction de la machine, il reste 2 795 — 1 640 = 1 155 *kg*, soit de quoi traîner $\frac{1\,155}{15} = 77$ *t*, soit environ 8 voitures à 10 *t* au lieu de 19.

On remarquera que cet effort de 2 795 *kg* exercé à la vitesse de 60 *km* à l'heure représenterait encore un travail de 620 *chx*, ce qui est beaucoup déjà pour une machine dont la surface de chauffe n'atteint pas 100 m^2. Avec l'effort indiqué dans le mémoire de M. Polonceau, le travail serait de 1 000 *chx* et exigerait plus de 10 *chx* par mètre carré.

L'effort que nous avons trouvé est encore exagéré, car la formule employée ne tient compte ni de la perte de pression pendant l'admission, ni des pertes pendant le passage de la vapeur des petits au grand cylindre, ni de la compression, etc.

Il serait plus exact de se reporter aux diagrammes d'indicateur donnés par M. Webb lui-même, planche 44 de l'*Institution of Mechanical Engineers*, année 1883. Pour les diagrammes à grande vitesse, 80 *km* à l'heure, de la machine *Experiment*, et 35 0/0 d'admission aux petits cylindres, la pression moyenne effective est de 2,38 *kg* à ces cylindres et de 1 *kg* au grand, alors que dans le mémoire de M. Polonceau il est indiqué 6,95 pour les petits et 3,30 pour les grands et que nous avons trouvé 4,95 et 1,77, pour une vitesse notablement moindre, il est vrai.

Pour revenir à la disposition générale de la machine, il doit être bien entendu que nous ne contestons nullement que la position du cylindre avant dans l'axe longitudinal ne soit de nature à assurer d'excellentes conditions de stabilité à une locomotive à grande vitesse. Ce serait une conception des plus heureuses, si elle n'entraînait pas dans le type qui nous occupe, telle qu'elle est réalisée, des inconvénients qui font, à notre avis, plus que compenser ses avantages.

M. Webb connaît évidemment mieux que personne le point faible de sa machine et peut-être y aurait-il un premier symptôme de modification de ses idées dans une patente prise par lui à la date du 15 novembre 1888. Les deux *claims* de cette patente sont : 1° dans les locomotives la combinaison et l'arrangement de deux groupes de cylindres, de telle sorte que tous les deux puissent être actionnés directement par la vapeur de la chaudière, ou un seul par la vapeur de la chaudière et l'autre par la vapeur provenant de l'échappement du premier; 2° l'emploi des dispositions décrites pour arriver à cet objet; 3° dans les locomotives à deux groupes de cylindres disposés comme il est dit, *l'accouplement* des roues commandées par un des groupes avec les roues commandées par l'autre groupe.

Il est à peine besoin de faire observer que cet accouplement ne devient nécessaire que si un des groupes est formé d'un cylindre unique. S'il y a deux cylindres par groupe, les choses s'arrangent très bien; nous verrons plus loin des machines de ce genre qui échappent absolument à la critique qui a été faite des machines Webb.

Avant de quitter ce sujet, nous dirons un mot de la disposition inverse de celle de M. Webb, c'est-à-dire de l'emploi d'un petit cylindre et de deux grands, qui était celle de l'avant-projet de M. Morandière et qui a été présentée par diverses personnes, dans la discussion qui a suivi la communication de M. Worthington, comme devant constituer une amélioration considérable de la machine Webb (1). Cette assertion est basée sur la plus grande facilité du démarrage opéré avec les deux grands cylindres, sur le moins grand volume de chacun de ceux-ci, la possibilité d'avoir trois cylindres égaux et de pouvoir marcher avec la vapeur directe dans les trois, etc. Nous ne croyons pas beaucoup à l'efficacité de cette modification. Son avantage le plus apparent, l'emploi de trois cylindres égaux n'exigeant qu'un modèle de piston, perd beaucoup

(1) *Institution of Civil Engineers*, vol. XCVI, pages 78 et 102.

de son importance si on considère qu'on n'obtient ainsi que le rapport de volume de 2 (à moins de donner des courses différentes), minimum qu'avec les pressions actuelles il est désirable de voir dépasser.

Si, dans la machine *Experiment*, par exemple, on remplace les deux cylindres à haute pression de 13 pouces (0,330 *m*) de diamètre par un cylindre unique, la pression de 10 *kg* sur une surface de 1 711 *cm*² correspondant à ce cylindre unique donnera un effort total de 17 110 *kg* ou $17\,110 \times \frac{24}{78} = 5\,270$ *kg* à la jante des roues motrices, au milieu de la course. Pour les 14 *t* de charge exercée par l'essieu, c'est $\frac{1}{2,65}$. Il est vrai qu'on pourra réaliser au départ une pression de 3,5 *kg* sur les grands cylindres, ce qui réduira à $\frac{1}{4}$ le coefficient d'adhérence. Il est évident qu'il faut toujours démarrer avec le groupe qui a deux cylindres; on ne fait donc que déplacer la difficulté, et le démarrage avec les cylindres à basse pression entraîne une manœuvre de plus ou une certaine complication. En tout cas, cette modification ne peut en rien atténuer le vice de principe de la machine, la présence d'un cylindre unique pour commander un des essieux. Le seul remède est le dédoublement de ce cylindre, mais alors...!

Il a été exécuté récemment une machine à trois cylindres (nº 37 du tableau) dans la disposition indiquée au commencement de ce chapitre, et étudiée par M. Sauvage, Ingénieur des ateliers du chemin de fer du Nord. Cette machine nº 3101, qui présente des détails très intéressants, a été décrite suffisamment dans le mémoire de M. Pulin (mai 1889, p. 859) pour qu'il soit inutile d'en parler plus longuement. Il semble, d'ailleurs, que ce soit plutôt une machine d'expériences qu'un type destiné à être adopté pour la pratique courante.

III. — Machines a quatre cylindres et deux mécanismes.

Cette première catégorie des machines à quatre cylindres était présentée comme suit dans notre mémoire de 1877, page 958 : « Quatre cylindres, disposés par groupes composés chacun d'un cylindre admetteur et d'un cylindre détendeur, placés en prolongement l'un de l'autre (tandem) avec un seul mécanisme par paire. Ce système, avec des dispositions de détail bien étudiées, surtout pour le passage de la tige commune des pistons entre les

deux cylindres, nous parait le seul praticable pour les puissantes machines où l'emploi d'un seul cylindre détendeur conduirait à des dimensions inadmissibles en pratique. C'est probablement ce mode d'application qui a été le plus souvent proposé; il a l'avantage de conserver la symétrie de l'appareil et n'a guère contre lui qu'une apparence de complication; mais cette apparence a suffi pour le faire écarter jusqu'ici. Il est toutefois probable que, lorsqu'on se sera familiarisé avec le principe du fonctionnement compound appliqué aux locomotives, on ne craindra pas d'accepter les quatre cylindres lorsqu'il le faudra absolument. » Nous ne saurions aujourd'hui modifier sensiblement ce que nous écrivions il y a douze ans.

La plus ancienne trace que nous ayons pu retrouver de la disposition compound à quatre cylindres appliquée à une locomotive est dans une étude faite en 1860 par M. Ebenezer Kemp, et qu'il a bien voulu nous communiquer. Le dessin dont nous reproduisons sur la planche 12, figures 2 à 4, la partie la plus essentielle porte l'indication : *Proposed arrangement for compounding locomotive engines*, et la date du 13 février 1860. Il représente la modification supposée appliquée à une machine à roues libres du *Caledonian Railway*, par la substitution à chacun des cylindres existants d'un groupe semblable à celui dont nous donnons le dessin. Cette disposition est très intelligemment combinée ; on voit que l'inconvénient des presse-étoupes intérieurs est atténué par le fait que les parties qu'ils séparent n'ont pas à subir simultanément les pressions extrêmes; d'autre part, la forme de plongeurs pour les pistons à haute pression permet de donner aux espaces neutres l'importance qu'ils doivent avoir dans les cylindres correspondants pour prévenir des compressions exagérées. L'arrangement du tiroir unique est très ingénieux : il y a cependant à critiquer la place perdue par les plongeurs, qui force à augmenter le diamètre du cylindre proprement dit et l'augmentation des surfaces en contact avec la vapeur amenée par la présence de ces plongeurs.

Le premier document *public* où il soit question de locomotives compound à quatre cylindres est, à notre connaissance, la patente déjà mentionnée de William Dawes, du 20 juin 1872, n° 1857. Cette patente donne quatre dispositions remarquables. La première est la machine à cylindres en prolongement, dite *en tandem;* la seconde est une machine à quatre cylindres, dont chaque paire est composée d'un grand et d'un petit, actionnant des manivelles

à 180° l'une de l'autre, disposition qui ne paraît avoir été exécutée jusqu'ici qu'exceptionnellement et qui réalise des conditions d'équilibre très satisfaisantes; la troisième forme est une machine dont les deux petits cylindres actionnent un essieu, et les deux grands un autre essieu pour réaliser la suppression des bielles d'accouplement, *without the intervention or use of coupling rods.* La quatrième partie de l'invention vise un détail qui est très intéressant, parce que la disposition décrite a été appliquée récemment en Allemagne sur une assez grande échelle. C'est « une valve mettant à volonté les boîtes à vapeur des grands cylindres en communication avec la chaudière pour le démarrage, les manœuvres ou circonstances analogues, valve commandée par le levier de changement de marche ou toute pièce du mécanisme de distribution en relation avec lui, de telle manière qu'elle ne soit ouverte que lorsque ce levier est à sa position extrême pour les deux sens de la marche et soit fermée dans toutes les autres positions; de cette manière, ajoute l'inventeur, aucun danger ne peut provenir de l'usage de cette valve. » Comme nous l'avons déjà indiqué, cette disposition a été récemment reproduite par M. R. Lindner et est employée sur un certain nombre de locomotives compound des chemins de fer de l'État saxon et d'autres lignes.

La forme avec cylindres en tandem a été ensuite proposée par M. F. de Diesbach, ancien Ingénieur de la maison Escher-Wyss et des Forges et Chantiers de la Méditerranée (1), par notre collègue M. Jules Garnier (2), et par d'autres encore. Comme M. Polonceau a bien voulu le rappeler, nous avions, dans notre communication de 1879 à l'*Institution of Mechanical Engineers*, présenté un arrangement de ce genre, avec des dispositions nouvelles et particulières, dans le but surtout de faciliter la transformation des machines existantes.

La première machine tandem exécutée, au moins pour chemins de fer, paraît être une locomotive du *Boston and Albany Railroad*, construite en 1883, et dont les résultats économiques très médiocres ne compensaient pas les dépenses d'entretien. Viennent ensuite la machine Niesbet, du *North British Railway*, et celle de M. Dean, du *Great Western*, toutes deux mentionnées par M. Polonceau et qui n'ont pas été reproduites jusqu'ici. Il n'en a pas été de même de la machine Woolf à huit roues couplées

(1) Brevet français n° 101,300, du 22 décembre 1873, pour un système de transformation et de détente applicable aux machines à vapeur sans condensation.

(2) Brevet français n° 102,126, du 9 février 1874, pour un dispositif de machines à vapeur.

du chemin de fer du Nord, étudiée par M. du Bousquet (n° 46 du tableau), et dans laquelle on a surtout recherché une augmentation de puissance. Nous ne nous étendrons pas longuement sur ce type, qui a été suffisamment décrit dans le Mémoire de M. Pulin (mai 1889, page 845). Il est parfaitement rationnel en principe, et nous nous applaudissons d'avoir vu cette application justifier nos prévisions de 1877. Nous n'aurions qu'une critique à faire relativement à l'exagération du diamètre des grands cylindres, dont le rapport de volume 3 avec les petits cylindres nous paraît excessif. Le bénéfice obtenu de la prolongation de l'expansion de la vapeur doit être plus qu'absorbé par les frottements et surtout par l'accroissement des surfaces offertes au refroidissement par les cylindres et les pistons. Il s'agit ici des surfaces en contact avec la vapeur. Nous avons eu la curiosité de rechercher quel était pour les diverses locomotives compound construites jusqu'ici le volume offert à la détente de la vapeur. Ce volume est celui du ou des grands cylindres multiplié par le rapport de la course au diamètre des roues motrices. Le terme le plus rationnel auquel il ait paru possible de le ramener pour la comparaison est le poids adhérent. D'autre part, il semble équitable de réduire la valeur ainsi obtenue à une pression uniforme, 10 *kg*, par exemple, puisqu'on doit rechercher une expansion d'autant plus prolongée que la pression de la chaudière est plus élevée. On calculera ainsi la valeur $\frac{d'^2 l}{\mathrm{D\,P}}$, ainsi que celle $\frac{d'^2 l}{\mathrm{D\,P}p}$, d' étant le diamètre du grand cylindre s'il n'y en a qu'un, ou le diamètre d'un cylindre fictif égal à la somme des sections des grands cylindres, s'il y en a plusieurs.

Nous avons ainsi obtenu les coefficients consignés dans les deux dernières colonnes du tableau des pages 42 et 43. On voit que la machine Woolf du chemin de fer du Nord présente le rapport de 8,42, alors que ce rapport n'est que très exceptionnellement supérieur à 6 dans la locomotive compound et pour la même pression de 10 *kg*; il descend jusqu'à 2,96, mais sa valeur la plus générale est entre 4 et 5. Il est vrai qu'avec l'augmentation à 12 *kg* de la pression, le chiffre de la machine Woolf se trouve ramené à 7, chiffre plus raisonnable, mais encore bien supérieur à ceux de presque toutes les machines construites. Il n'est que juste de faire observer que le rapport de volumes de cylindres de 3 n'a pas été, nous le supposons du moins, adopté de propos délibéré, c'est une conséquence du mode de liaison des pistons

des cylindres accolés, mode de liaison par deux tiges qui exige une différence relativement considérable entre les diamètres des deux cylindres. Cette liaison est assez simple, mais nous ne savons jusqu'à quel point cette qualité peut compenser les inconvénients provenant d'un accroissement gênant dans le volume, le poids et les surfaces de refroidissement des grands cylindres.

Le système Woolf, c'est-à-dire à transvasement direct de la vapeur sans réservoir proprement dit, exige des rapports de volumes assez élevés, surtout avec une distribution commune ; mais on pourrait se contenter probablement d'un rapport de 2,50 qui réduirait le diamètre des grands cylindres de 0,660 à 0,600 ; d'ailleurs, la disposition à réservoir pourrait être adoptée pour diminuer encore un peu ce diamètre. Le fonctionnement au Woolf donne, il est vrai, un peu plus de puissance maxima, à cause de l'élimination presque complète de la chute de pression entre les cylindres, mais un avantage équivalent peut être obtenu par le réchauffage en faisant passer dans la boîte à fumée les tuyaux formant réservoir intermédiaire entre les cylindres de chaque paire agissant en compound.

Ce qui précède suppose un mode de liaison différent entre les pistons du même côté ; ce ne paraît pas être un problème irréalisable. Notre projet de 1879 en donnait une solution assez originale (1).

Ce projet concernait un type de machines à voyageurs ayant les cylindres placés entre les roues d'avant et les roues du milieu. Les figures 16 et 17 représentent un autre projet fait la même année pour la transformation d'une machine à marchandises du Nord de l'Espagne. La modification comportait uniquement l'allongement des longerons et l'addition de deux petits cylindres sur les fonds avant des cylindres actuels conservés comme grands cylindres. La figure 18 montre, à plus grande échelle, le presse-étoupe intérieur faisant joint entre la tige creuse *h* du petit piston et la tige pleine *g* du grand par l'intermédiaire d'un tube *i* fixé à la cloison qui sépare les deux cylindres.

La disposition en tandem appliquée aux machines à 6 et surtout 8 roues couplées a toutefois l'inconvénient de surcharger l'avant et par suite d'exiger quelquefois un lestage à l'arrière de la machine, solution discutable, ou l'addition d'un essieu porteur à l'avant ne permettant pas dès lors d'utiliser la totalité du poids

(1) *Institution of Mechanical Engineers*, 1879, pl. 41.

pour l'adhérence et conduisant à une augmentation du poids mort.

Les ateliers Baldwin ont construit pour le *Baltimore and Ohio Railroad* une locomotive à quatre cylindres en deux groupes fonctionnant également dans le système Woolf et dont la disposition diffère de la précédente en ce que les cylindres de chaque côté, au lieu d'être l'un devant l'autre, sont l'un au-dessus de l'autre, avec un tiroir cylindrique servant pour les deux comme il est indiqué sur les figures 10 et 11, planche 12. Les deux tiges sont réunies à une traverse guidée par quatre règles parallèles et dont le milieu reçoit l'attache de la bielle motrice, comme dans la disposition représentée figures 19 et 20, pl. 11. Le tiroir cylindrique a la disposition représentée figure 11 et est actionné directement par la coulisse sans l'intervention du *rock-shaft* traditionel des locomotives américaines.

La locomotive en question a deux essieux accouplés et un bogie sous les cylindres. Les constructeurs se sont proposé, disent-ils, de réaliser une disposition de doubles cylindres pouvant s'appliquer facilement et à peu de frais à la totalité des locomotives américaines.

Voici les dimensions principales de cette machine :

Diamètre des petits cylindres	0,305 *m*
— grands —	0,508
Course	0,610 *m*
Rapport de volumes	2,77
Diamètre des roues motrices et accouplées	1,676
Surface de grille.	2,24
Surface de chauffe totale. . . . 13,5 + 135,5 =	149
Pression à la chaudière.	11 1/2
Poids adhérent.	34 200 *kg*
Poids total	47 800

Voici les recouvrements adoptés pour les parties du tiroir unique correspondant aux deux cylindres de chaque paire.

	Petits cylindres.	Grands cylindres.
Recouvrement extérieur.	19 *mm*	16 *mm*
— intérieur	— 3,2	6,4

On s'est proposé, dans cette machine, d'avoir des passages aussi simples et directs que possible entre les deux cylindres. On y est arrivé mais avec une pièce extrêmement compliquée; en effet, les deux cylindres, la boîte à tiroir et la moitié de la selle sont venus

de fonte du même morceau. La disposition adoptée donne, d'ailleurs, lieu à une objection assez sérieuse pour une forte machine.

Le système Woolf permet d'obtenir un effort maximum un peu supérieur à celui du système à réservoir, mais à condition d'accepter une certaine différence entre les efforts exercés par les deux pistons (1). Cette différence qui n'a aucun inconvénient dans la machine tandem et qui n'en a pas beaucoup dans la machine compound à deux cylindres, ne doit pas être, au contraire, négligeable, lorsque ces pistons agissent aux extrémités d'une traverse dont le milieu actionne la bielle motrice. A ce point de vue, la disposition qui nous occupe paraît donc inférieure à la forme en tandem. Elle ne saurait d'ailleurs s'appliquer, tout au moins sans modification, à toutes les machines. Le point le plus bas du grand cylindre descendant à 0,56 *m* au-dessous de l'axe commun, les roues ne pourraient avoir, à moins d'incliner les cylindres, ce qui n'est guère dans les habitudes américaines, un diamètre inférieur à 1,35 ou 1,40 *m*, ce qui est beaucoup trop pour les machines du type *Consolidation*, dont les roues ont généralement 1,265 de diamètre au plus.

La machine Baldwin est le premier exemple réalisé d'une machine à cylindres accolés deux à deux, mais cette disposition avait déjà été proposée fréquemment.

IV. — Machines a quatre cylindres et quatre mécanismes.

On voudra bien nous permettre, encore cette fois, de nous reporter à notre mémoire de 1877, page 958, où nous disions : « Quatre cylindres dont deux admetteurs et deux détendeurs, chacun de ces cylindres ayant son mécanisme particulier. Ces quatre cylindres peuvent actionner le même essieu et alors, en faisant agir les cylindres du même groupe sur des coudes à 180 degrés, on peut réaliser pour l'essieu moteur des conditions d'équilibre très satisfaisantes, comme l'ont fait Randolph et Elder pour les machines marines. On peut aussi faire agir chaque groupe de cylindres sur un essieu différent, *ces essieux étant accouplés ou ne l'étant pas ;* dans ce dernier cas, on aurait une machine Meyer ou Fairlie à fonctionnement compound, ce qui serait une très bonne disposition, car la complication de l'arrangement serait justifiée

(1) D'après les diagrammes d'indicateur relevés sur cette machine (voir *Engineering News*, 3 mai 1890, p. 425), le rapport des efforts est au démarrage de 1 pour le petit cylindre contre 1,385 pour le grand, et même, avec le système de mise en train employé qui annule l'action du petit piston, l'effort peut, au départ, s'exercer uniquement sur le grand piston.

à la fois par le principe même du système des machines, c'est-à-dire la flexibilité, et par le fait du meilleur fonctionnement comme machine à vapeur proprement dite. »

On a vu que la patente de Dawes indiquait ces deux dispositions, la machine à manivelles à 180 degrés et la division en deux groupes séparés sans accouplement (mais sans prévoir l'articulation de ces groupes l'un par rapport à l'autre). La forme à quatre cylindres avec manivelles à 180 degrés n'a été réalisée qu'une fois, à notre connaissance, jusqu'ici. La disposition en deux groupes moteurs l'a été avec comme sans accouplement entre eux.

Cette seconde forme présente elle-même deux cas, celui où les deux groupes font partie d'un même châssis rigide et celui où chacun est sur un châssis, ces deux châssis pouvant obliquer l'un par rapport à l'autre pour le passage dans les courbes.

Le seul exemple que nous connaissions de la disposition à quatre cylindres et manivelles à 180° pour un groupe, le second groupe ayant ses manivelles à 90° de celles du premier, est une machine du *Scinde Punjab and Delhi Railway*, le *Vulcan* (1), ayant des cylindres intérieurs primitifs de 0,400, lesquels furent remplacés chacun par un cylindre de 0,432 à la même position que l'ancien et un cylindre extérieur de 0,300 actionnant un bouton de manivelle calé sur la roue à 180° du coude correspondant de l'essieu moteur. La course des quatre pistons était de 0,610, le diamètre des roues motrices et des roues d'arrière accouplées avec elles, de 1,525 *m*. Cette transformation fut opérée en 1884 ; on obtint de bons résultats comme économie et comme augmentation de puissance. Nous ignorons absolument si ce modèle a été reproduit.

Un exemple du type à deux groupes moteurs sans accouplement et sur châssis rigide est donné par la machine n° 701 du chemin de fer du Nord, construite par la Société Alsacienne de constructions mécaniques sur les plans de M. A. de Glehn (n° 38 du tableau). Cette machine a été trop souvent décrite (voir notamment *Bulletin* de mai 1889, page 839), pour qu'il soit nécessaire de nous étendre à son sujet. On doit la considérer comme un excellent modèle ; il est seulement à regretter que le diamètre des grands cylindres ne soit pas un peu plus considérable. Avec 0,500 au lieu de 0,460, on aurait eu un rapport de volumes de 2,30, ce qui aurait été préférable avec la pression de 11 *kg* à la chaudière. C'est

(1) *Institution of Mechanical Engineers*, 1886, page 356, et *Revue Générale des Chemins de fer*, décembre 1886, page 322.

la seule application réalisée jusqu'ici de cette disposition que nous considérons comme bien supérieure à celle de M. Webb.

La forme à quatre cylindres en deux groupes agissant sur des essieux différents, ces essieux étant accouplés entre eux, a été réalisée par le chemin de fer de Paris-Lyon-Méditerranée sur trois types de machines (n°s 47, 48 et 49 du tableau) dont deux figuraient à l'Exposition universelle de 1889.

Ce modèle a été décrit sommairement avec indications des dimensions principales dans le mémoire de M. Polonceau (Juillet 1889, page 60 et planche 219) ; il a fait l'objet d'une note très savante et très détaillée de notre collègue M. C. Baudry (1): nous ne pouvons faire mieux que de renvoyer à ces documents.

On s'est surtout proposé dans ces machines de donner une grande régularité aux moments de rotation; cet avantage, obtenu par des combinaisons étudiées avec le plus grand soin, n'a pu malheureusement être réalisé sans une complication assez considérable.

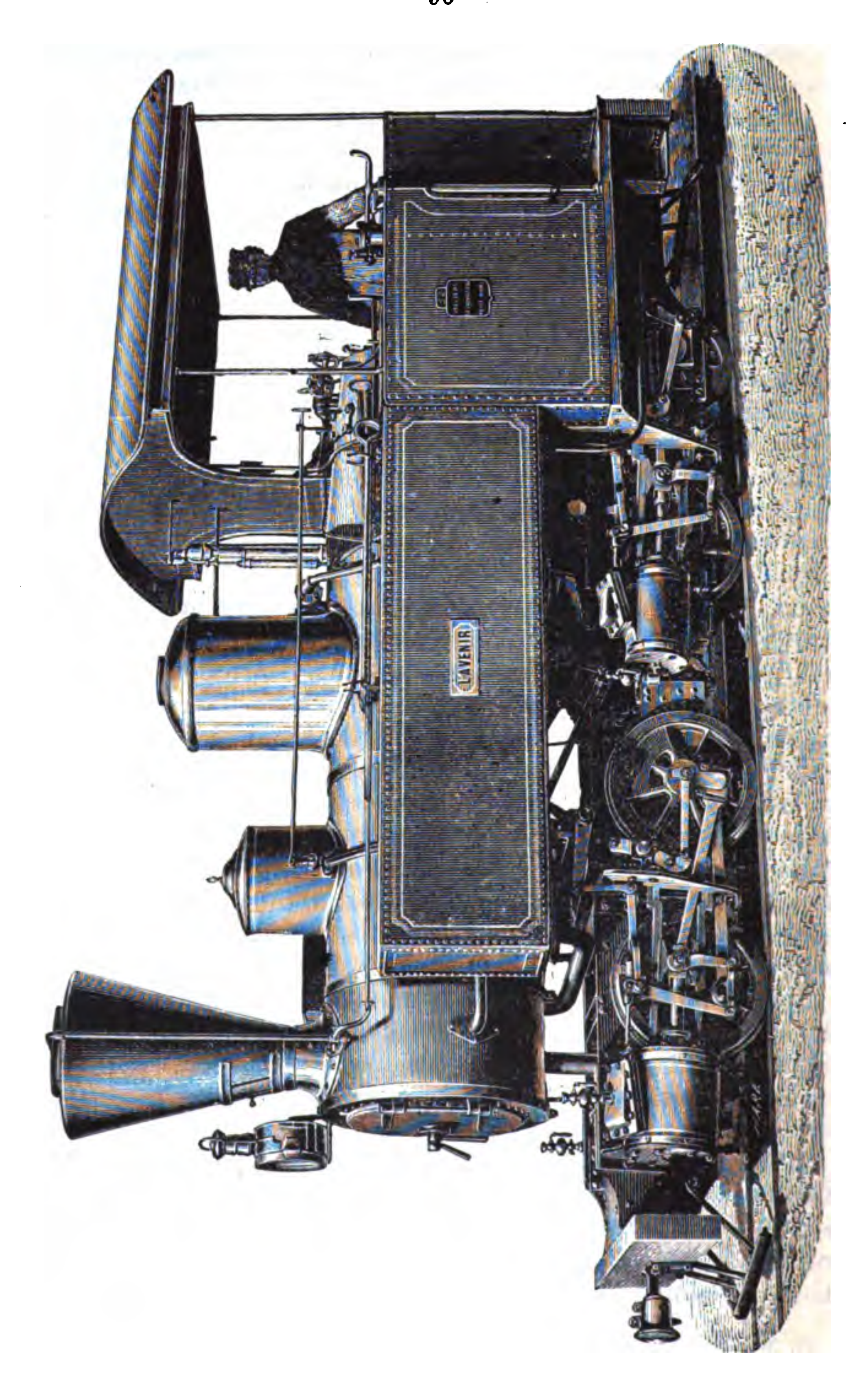
La dernière disposition de cette classe, celle qui met les deux groupes sur des châssis pouvant obliquer l'un par rapport à l'autre est, croyons-nous, celle des machines à quatre cylindres qui a été reproduite jusqu'ici au plus grand nombre d'exemplaires.

Nous l'avions étudiée dès 1877 et l'avons présentée en 1884 sous sa forme actuelle. Elle a pu être réalisée en 1887 grâce au concours puissant et intelligent que nous avons trouvé auprès de notre collègue M. Paul Decauville, qui avait immédiatement compris l'intérêt que pouvait avoir pour son système de chemins de fer un type de locomotive combinant sans trop de complication la puissance, la flexibilité et la répartition de la charge sur un grand nombre d'appuis.

Un certain nombre de nos collègues ont pu voir, sinon les débuts, du moins une des premières applications de ce type, à Laon, le 26 mai 1888. Nous n'insisterions donc pas sur sa description si on ne commettait souvent l'erreur de représenter cette machine comme portée par deux trucks articulés.

Il n'y a qu'un truck à l'avant, lequel est relié par une articulation en forme de charnière à la partie fixe de la machine composée de la chaudière, des caisses à eau et d'un châssis porté par les roues du groupe arrière et auquel sont attachés les cylindres à haute pression, tandis que les cylindres à basse pression sont fixés

(1) Note sur les locomotives compound P.-L.-M., par M. C. Baudry, Ingénieur en chef-adjoint du matériel et de la traction.


L'AVENIR

au truck avant. L'avantage de cette disposition est que le tuyautage à haute pression est fixe comme dans une machine ordinaire et qu'il n'y a de mobile que le tuyau faisant communiquer les deux groupes de cylindres et ne contenant que de la vapeur à une pression d'au plus 4 *kg*, et le tuyau d'échappement.

La figure 4, planche 13, donne la coupe longitudinale des châssis de la machine et montre la disposition de l'articulation, des glissières et du tuyautage articulé.

Il est peut-être utile d'indiquer ce qui a donné naissance à ce type ; c'est un programme dont les conditions étaient : 1° de traîner sur la voie de 0,600 *m* une charge de 8 à 9 *t* sur des rampes pouvant atteindre et même dépasser légèrement 8 0/0, de passer dans des courbes de 20 *m* de rayon et de ne pas charger le rail de plus de 3 *t* par essieu. La première condition impliquait l'emploi d'une machine de 12 *t* environ, la troisième exigeait la présence de quatre essieux et la seconde condition rendant impossible l'accouplement des quatre essieux ensemble conduisait à la division de la machine en deux groupes pouvant obliquer l'un par rapport à l'autre. Les types Fairlie ou Meyer remplissent également ces conditions, mais le nôtre est certainement bien plus simple et a l'avantage d'un fonctionnement économique ; c'est ce que la pratique a démontré de la manière la plus évidente.

Il a été construit déjà plus de vingt machines de ce modèle pour les voies de 0,600 *m*, 0,750 *m* et 0,800 *m*. L'application la plus connue qui en ait été faite est celle du chemin de fer Decauville de l'Exposition universelle de 1889, dont notre collègue, M. Grille, nous a entretenu dans la séance du 22 novembre 1889 (1).

Les figures 1 à 3, planche 12, donnent la disposition générale de ces machines (n° 39 et 40 du tableau), ainsi que la gravure sur bois ci-contre.

Il a été également construit des machines du même système pour la voie de 1 *m* ; elles fonctionnent sur les lignes de la Compagnie de chemins de fer Départementaux et sur la ligne de Durango à Zumaraga, où on trouve des inclinaisons de 25 millièmes combinées avec des courbes de 100 *m* de rayon pour les premières et de 60 *m* seulement pour la seconde. Ces machines sont représentées figure 11 et correspondent aux numéros 41 et 42 du tableau.

Aux chemins de fer Départementaux on a reconnu que la machine compound pesant 24 *t* en service traînait 50 0/0 de plus que

(1) Voir aussi *Revue générale des chemins de fer*, juin 1889.

la machine ordinaire à trois essieux accouplés et un essieu porteur pesant environ 22 *t*, les surfaces de chauffe étant sensiblement les mêmes dans les deux cas. L'économie réalisée par tonne kilométrique remorquée s'est élevée, sur la ligne de Montereau à Souppes, pendant une période de sept mois, à 20 0/0 sur le combustible pour la compound, dans les limites de charges que peuvent atteindre les machines ordinaires.

Ces résultats sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

CHEMINS DE FER DÉPARTEMENTAUX.

Comparaison du combustible (compris allumage, manœuvres et stationnements) consommé par la machine compound articulée, système Mallet, et par quatre machines ordinaires (à trois essieux couplés et un essieu radial à l'arrière), du 1er octobre 1888 au 30 avril 1889.

	Machine compound.	Machines ordinaires.
Parcours kilométriques.	22.222 *km*	42.587 *km*
Tonnes kilométriques remorquées	854.200 *t k*	1.414.500 *t k*
Consommation de combustible totale.	153.868 *kg*	317.957 *kg*
Consommation de combustible par kilomètre.	6 92	7 46
Consommation de combustible par tonne kilométrique remorquée.	0 180	0 2248

Économie en faveur de la compound par kilomètre. 7 24 0/0
— — — par tonne kilométrique remorquée. 19 92 0/0

Lorsque la limite de la charge des locomotives ordinaires avec simple traction est dépassée, ce qui a lieu pendant la saison du transport des betteraves, l'économie réalisée sur le combustible par les compound s'est élevée jusqu'à 35 0/0. Il s'agit là d'une économie commerciale, ces consommations comprenant tout, les allumages, manœuvres, stationnements, etc. On ne peut pas juger par là de l'économie réelle due au fonctionnement compound, qui est évidemment plus grande; d'autre part toute cette économie n'est pas due à ce fonctionnement puisque c'est parce que la machine est plus puissante qu'elle traîne plus; mais, comme elle n'est pas sensiblement plus lourde que l'autre et que c'est la double expansion qui a permis de réaliser cet arrangement d'une manière pratique en y apportant une simplification réelle, nous

croyons qu'on peut en toute justice porter l'avantage économique à l'actif du compound.

Pour la voie normale, nous citerons des machines de 35 *t* en service pour le chemin de fer de l'Hérault, figures 7 et 8 (n° 43 du tableau), de fortes machines de 56 *t* pour le Central Suisse, figures 5 et 6 (n° 44), ces deux types à quatre essieux, et une grosse machine de 85 *t* pour le Gothard, figures 9 et 10 (n° 45), cette dernière à six essieux. C'est de beaucoup la plus puissante locomotive qui existe en Europe. Elle n'est dépassée que par quelques machines Fairlie construites récemment en Angleterre pour le Mexique.

Ces grosses locomotives compound articulées pour les chemins de fer suisses sont faites par l'usine Maffei, à Munich ; il n'est pas sans intérêt de faire remarquer que c'est cette usine qui a remporté en 1851 le prix du célèbre concours du Sœmmering pour sa machine la *Bavaria*, laquelle n'a du reste pas plus été adoptée que les trois autres locomotives présentées au concours. Or, cette usine se trouve construire aujourd'hui les machines dont nous nous occupons et qui se rapprochent beaucoup plus des types de deux de ses concurrents d'alors, la *Seraing* et la *Wiener Neustadt*, que de son modèle primé. Il est vrai que quarante ans ont passé depuis. La machine Engerth est sortie du concours du Sœmmering et a eu un succès considérable, mais il n'en est plus question aujourd'hui.

Voici les principales dimensions de ces divers types de machines :

Locomotives compound articulées.

Lignes où fonctionnent les machines	Decauville	Départementaux.	Hérault.	Central Suisse.	Gothard.
Constructeurs	Decauville	Belfort.	Cail.	Maffei.	Maffei.
Écartement des rails	0,60 à 0,80	1,00	Normal.	Normal.	Normal.
Surface de grille	0,48	0,78	1,54	1,75	2,15
— de chauffe directe	2,30	4,28	6,50	8,00	9,50
— — tubulaire	20,00	37,72	70,00	117,00	148,50
— — totale	22,30	42,00	76,50	125,00	158,00
Timbre de la chaudière	12 *kg*	12 *kg*	12 *kg*	12 *kg*	12 *kg*
Diamètre des petits cylindres	0,187	0,250	0,305	0,355	0,395
— des grands —	0,280	0,380	0,460	0,540	0,570
Course des pistons	0,260	0,460	0,520	0,630	0,640
Diamètre des roues	0,600	0,900	1,200	1,400	1,230
Ecartement des essieux de chaque groupe	0,850	1,150	1,450	1,800	2,750
Écartement des essieux extrêmes	2,800	4,000	5,000	6,300	8,400
Capacité des caisses à eau	1 400	3 000	3 700	6 000	8 000
Poids de la machine vide	9 300	19 000	28 000	45 000	65 000
Poids de la machine avec approvisionnements complets	11 700	24 500	35 000	59 000	85 000
Effort de traction à la jante des roues	1 800	3 800	4 800	6 800	9 700
Rayon minimum dans lequel la machine pourrait circuler	18	45	80	100	150

En somme, la machine compound articulée a obtenu en pratique un succès que constate son développement assez rapide. La première locomotive a été mise en construction au printemps de 1887 et il y en a aujourd'hui plus de cinquante de toute dimension et à tout écartement de voie en service ou en construction. L'adoption de ce modèle pour des machines très puissantes et sur des lignes importantes est un fait considérable. Nous aurons occasion de revenir bientôt sur ce sujet pour présenter à la Société les résultats que donneront en pratique les applications les plus récentes.

Mais, avant de quitter ce sujet, nous voudrions insister sur ce point que si, dans la construction de ce type, on a été guidé par des considérations étrangères à la question de l'économie de combustible, ce dernier avantage est venu s'ajouter tout naturellement, car la double expansion, qui n'a pas été le point de départ, a été la conséquence, au contraire, de la disposition adoptée. Son emploi a amené une simplification considérable du tuyautage. Il est donc des cas où, n'en déplaise aux adversaires du système, le compound, qu'ils représentent si volontiers comme une complication, peut en être tout l'opposé et simplifier notablement des organes délicats dans certains types de locomotives.

Il y aurait peut-être lieu de dire ici quelque chose des appareils de démarrage et de changement de marche employés sur les locomotives compound à trois ou quatre cylindres comme nous l'avons fait pour les machines à deux cylindres.

La question du démarrage a moins d'importance pour les premières; on se contente généralement de mettre un robinet de prise de vapeur directe permettant d'envoyer au départ la vapeur de la chaudière au réservoir intermédiaire. Une soupape de sureté limite la pression qu'on peut donner ainsi à la moitié au plus de celle de la chaudière.

Dans quelques machines Decauville destinées au service des forts, nous avons placé un tiroir de démarrage permettant de faire marcher les deux groupes comme machines ordinaires pour donner un coup de collier momentané. Dans la grosse machine du Gothard, on a également installé un appareil analogue pour que la machine puisse au besoin démarrer des trains lourds sur les longues rampes de 26 millièmes.

On a vu plus haut que M. Webb avait proposé récemment d'installer une disposition de ce genre sur ses machines, disposition qui ne se justifierait qu'avec le retour à l'accouplement des deux groupes moteurs, également d'ailleurs indiqué par lui.

Dans la machine Baldwin, les petits cylindres portent un tuyau qui réunit leurs deux extrémités et un robinet qui, ouvert pour le démarrage, fait arriver par les petits cylindres la vapeur de la chaudière sur les grands pistons qui agissent seuls au départ. Il est possible que cet arrangement ait été adopté après coup, car il nous parait peu conciliable avec le mode de liaison des deux cylindres de chaque paire.

On peut appliquer aux machines compound à trois et quatre cylindres tous les systèmes de changement de marche employés sur les machines à deux cylindres; nous n'insisterons donc pas sur ce point. Disons cependant que plusieurs Ingénieurs, M. Webb entre autres, ont pensé qu'on pourrait se contenter de donner à un des groupes de cylindres, celui à basse pression, une introduction fixe, réglée à 50 ou 60 0/0 de la course, ce qui permettrait l'emploi d'un seul excentrique à toc par cylindre, réalisant une simplification importante. Cet arrangement figure sur la locomotive « Jeanie Deans » du *London et North-Western* décrite dans le numéro du 25 juillet 1890 de l'*Engineering*. Il est évident qu'il faut, dans ce cas, renoncer franchement à se servir de ce groupe de cylindres pour le démarrage. Reste à savoir si l'excentrique à

toc est bien pratique pour une locomotive. Ce système a cependant été employé pour le grand cylindre des machines compound des *Hirondelles* de la Seine marchant à 180 tours par minute.

Dans nos machines compound articulées, il y a une disposition spéciale pour la liaison des arbres de relevage des groupes qui ne restent pas parallèles dans les courbes. Lorsque celles-ci ont un faible rayon, et que, par conséquent, les axes des groupes peuvent former un angle très accentué qui va jusqu'à 6 degrés et plus dans les machines pour voies Decauville, il y a au-dessus de l'articulation (fig. 4, pl. 13), une arbre portant au milieu un joint universel et dont la partie gauche est accouplée par une bielle avec l'arbre de relevage d'avant tandis que sa partie droite est accouplée également par une bielle avec l'arbre de relevage du groupe arrière et reçoit par une autre bielle l'action du levier ou de la vis de changement de marche.

Dans les autres machines où l'obliquité des axes des deux groupes est beaucoup moins prononcée, les arbres de relevage de ces groupes sont reliés par une bielle placée dans l'axe longitudinal de la machine et dont les extrémités sont rattachées par des articulations à double charnière avec les leviers des arbres. C'est une disposition analogue à celle des machines Fairlie.

Il est bon de faire remarquer que, pour la distribution des machines à quatre cylindres en deux groupes non accouplés ensemble, il y a à tenir compte, comme du reste pour les machines Webb, d'une considération qui n'existe pas pour les autres types, du moins au même degré, la nécessité de rendre, *pour le travail maximum*, l'effort exercé par chaque groupe de cylindres proportionnel à la charge exercée sur les rails par les roues correspondantes, pour la meilleure utilisation possible du poids de la machine. Il est bien préférable d'égaliser le plus possible les efforts et les poids des deux groupes, quoiqu'on se soit affranchi de cette condition dans quelques machines du système Webb.

Dans les machines à trois et quatre cylindres les tuyaux de communication entre les cylindres à haute et basse pression circulent ou non dans la boîte à fumée selon la disposition générale de la machine. On met quelquefois un tuyau distinct pour chaque paire de cylindres, un grand et un petit.

Dans nos machines articulées, nous n'avons qu'un seul tuyau de communication dans lequel déchargent les deux petits cylindres et s'alimentent les deux grands cylindres. Ce que nous avons dit pour les machines à deux cylindres s'applique du reste à celles

à trois et quatre cylindres et il va sans dire que, quelle que soit la disposition adoptée il est indispensable de protéger contre le refroidissement les parties des tuyaux en contact avec l'air extérieur.

Ayant terminé la revue sommaire des divers types de locomotives compound exécutés jusqu'ici, nous pouvons nous poser une question. Est-il nécessaire, est-il possible plutôt, de dégager de cet examen une conclusion en faveur de la supériorité de tel ou tel de ces types? Est-il probable qu'une forme définitive et générale s'établisse et vienne justifier l'abstention des Ingénieurs qui attendent, disent-ils, pour appliquer le compound que la pratique ait révélé ce type par une sorte de condensation des modèles actuels? Nous ne le croyons pas. Plus d'un demi-siècle d'exploitation des chemins de fer n'a pas réussi à faire triompher une position des cylindres des locomotives et de nombreuses années de pratique n'ont pas davantage établi la supériorité d'un système de distribution. Il en est de même de bien d'autres points et chaque Ingénieur de matériel continue à établir ses locomotives d'après ses goûts et ses préférences personnelles, sans d'ailleurs se préoccuper de les faire partager à ses collègues. Il en sera probablement de même pour les types de locomotives compound. Toutes les formes, ou presque toutes, du moins, ont leur raison d'être pour des cas déterminés. Tout au plus peut-on supposer que le type à deux cylindres, qui a été le premier et qui a de beaucoup l'avance actuellement, grâce à sa simplicité d'établissement et d'entretien, conservera cette avance, car il peut s'appliquer, comme nous l'avons fait voir, à presque tous les cas qui se rencontrent dans la pratique actuelle des chemins de fer. Les modèles à quatre cylindres en deux groupes séparés pour machines rapides et en tandem pour les grosses machines à marchandises et peut-être même pour les machines précédentes, resteront préférés par ceux qui redoutent à tort ou à raison la dyssymétrie dans les cylindres. Enfin, les machines articulées ont devant elles un vaste champ d'application, surtout pour les tracés difficiles et accidentés.

Nous ne croyons pas que l'avenir démente cette manière de voir; c'est, d'ailleurs, comme on l'a indiqué plus haut, à peu près celle des Américains dont l'opinion est utile à enregistrer parce que, pour eux, le terrain de la locomotive compound est neuf et dégagé des questions d'amour-propre et d'intérêt personnel, ce qui les met à même de porter un jugement avec plus de désintéressement et d'indépendance.

Objections faites à la locomotive compound.

Nous nous proposons maintenant d'examiner en détail les diverses objections qui ont été et sont encore présentées contre l'emploi de la double expansion dans les locomotives. Nous ne croyons pouvoir mieux faire que de prendre pour guide dans cette tâche le mémoire de M. Polonceau, non que nous rangions notre éminent vice-président parmi les adversaires de la nouvelle locomotive, puisqu'il a toujours repoussé cette imputation, mais parce que c'est dans son travail que nous trouvons réunis et présentés sous la forme la plus facile à saisir les divers arguments par lesquels on a cherché à établir que les avantages revendiqués pour l'application de la double expansion sur les chemins de fer, ou n'étaient pas réellement acquis, ou, s'ils l'étaient, se trouvaient compensés, peut-être même au delà, par des inconvénients plus ou moins graves.

Nous suivrons donc ligne par ligne le mémoire de M. Polonceau depuis la page 62, en examinant une à une toutes les objections qui s'y présentent successivement.

La première est l'argument favori des adversaires de la locomotive compound ; c'est une objection de principe : « Le service des machines locomotives est tout différent de celui des machines fixes et marines. Le travail varie constamment pour les machines locomotives ; or, le compound est spécialement économique pour un travail constant donné, et paraît devoir être peu économique pour tout travail autre que celui pour lequel il a été établi, et ce qui est bien pour les unes peut très bien ne pas l'être pour les autres. »

Il est très difficile de retrouver l'origine du préjugé qui fait que, pour beaucoup de gens, la détente en cylindres successifs ne se prête pas, en principe, à une variation un peu notable de puissance. C'est bien en effet un préjugé, car la théorie et la pratique s'accordent à démentir cette hypothèse présentée sous forme générale. On voit cependant toujours reproduire cette objection en tête de toutes les autres.

Examinons-la donc d'un peu près.

Nous signalerons, tout d'abord, que le cas des locomotives et celui des machines fixes sous le rapport de la variation du travail sont absolument différents ; dans les premières, la vitesse de marche doit rester constante, quelle que soit la charge,

et c'est donc le travail, produit de l'effort variable par la vitesse constante, qui varie. Dans la locomotive, au contraire, la vitesse change continuellement et en sens inverse de l'effort de traction, lequel se modifie d'un instant à l'autre, selon les accidents du profil; le travail n'éprouve donc point de grandes variations, c'est l'effort de traction qui les subit. Si, de plus, on remarque que la résistance du train augmente avec la vitesse, à cause surtout de la résistance de l'air, et que cette vitesse peut être considérée, au moins dans certaines limites, comme inversement proportionnelle aux déclivités, on arrive à trouver que, dans la plupart des cas et pour les lignes à inclinaisons modérées, l'effort de traction lui-même ne varie pas dans des limites aussi étendues qu'on serait porté à le supposer de prime abord.

Est-il exact que, pour des locomotives, puisque nous sommes sur ce terrain, l'expansion de la vapeur dans deux capacités successives ne permette pas une variation aussi grande de l'effort moyen *total* sur les pistons que si l'expansion se produisait dans une seule capacité ?

Dans une locomotive à double expansion, le maximum d'introduction peut aller sans difficulté à 85 centièmes de la course, nous ne ferons pas descendre le minimum au-dessous de 25 centièmes, parce que c'est inutile et que nous voulons rester dans des conditions favorables pour la distribution.

Les limites de l'expansion seront donc, pour un rapport de volumes égal à 2 entre les cylindres, de 2,35 et 8. Si on néglige la contrepression et qu'on suppose la pression initiale égale à 1, on obtient des pressions moyennes, représentant l'effort total, de 0,788 et 0,380 respectivement, soit 2,07 et 1. L'écart de ces deux chiffres représente la variation d'effort que peut donner *théoriquement* la variation de la détente. Il est bien entendu qu'il n'est question ici que de celle-ci et nullement de la réduction qu'on peut obtenir par la fermeture partielle du régulateur.

Pour la locomotive ordinaire, nous prendrons comme limites extrêmes des introductions de 70 0/0 et de 15 ; la première est supérieure à celle qu'on emploie en dehors du démarrage, et la seconde ne donne déjà plus de bonnes conditions pour la distribution, au moins avec les appareils en usage actuellement. Les expansions correspondantes sont donc 1,42 et 6,6, et, si on opère comme ci-dessus, on obtient des efforts moyens de 0,949 et 0,435 donnant un rapport de 2,18 et 1.

La supériorité d'élasticité prétendue de la machine ordinaire se traduit donc par le rapport $\frac{2,18}{2,07}$, soit 5 0/0 d'augmentation de la variation possible des efforts, *en quantité* disons-nous, car pour la *qualité* du travail, on voit qu'on n'obtient cette variation qu'à la condition d'admettre pour le maximum, dans la machine ordinaire, une expansion inférieure à un volume et demi, taux absolument dérisoire pour des cylindres recevant la vapeur de la chaudière à 10 ou 12 *kg* de pression. Le raisonnement qui précède est approximatif, grossier si on veut, mais nous ne croyons pas que les adversaires du système compound puissent le combattre par un plus précis.

Au point de vue pratique, les résultats économiques donnés par la locomotive compound, et qui semblent bien difficiles à contester en présence de la masse des faits, ne viennent-ils pas porter un coup définitif à l'erreur que nous combattons, puisque ces machines réunissent les conditions prétendues incompatibles de dépenser peu et d'avoir un travail variable? Ce coup n'était pas le premier et cette incompatibilité si souvent alléguée avait déjà reçu de rudes atteintes de la part de bien des machines autres que celles des chemins de fer. Qui prétendrait que les locomobiles, par exemple, ou les moteurs à vapeur pour la lumière électrique sont des machines à travail constant? Ne leur applique-t-on pas tous les jours le compound et avec des résultats très favorables comme économie? Si nous ne voulions éviter d'allonger démesurément ce travail, nous n'aurions que l'embarras du choix pour en citer des exemples.

Est-il d'ailleurs certain qu'il y ait intérêt à faire opérer la variation entière de l'effort de traction dans une locomotive au moyen de la variation seule de l'admission et qu'on ne puisse pas employer l'étranglement dans une certaine mesure au moins? C'est une question qui est loin d'être résolue. Nous croyons que la réduction de pression, par le régulateur, donne de meilleurs résultats sur une locomotive compound, qui a déjà un minimum de détente considérable au-dessous duquel le mécanicien ne peut pas descendre, que sur la locomotive ordinaire, où il peut ainsi supprimer à peu près entièrement l'expansion.

En continuant notre marche, nous ne pouvons que nous rallier à l'opinion que : « pour faire des comparaisons justes il ne faut s'appuyer que sur des essais faits avec des machines locomotives de divers systèmes, mais établies exactement dans les mêmes

conditions; de cette façon seulement, les résultats économiques trouvés sont réels ». C'est précisément ce qu'ont fait de nombreux et consciencieux expérimentateurs, au nombre desquels il suffira de citer MM. de Borodine, Urquhart et bien d'autres, qui se sont attachés à écarter de leurs comparaisons tout élément étranger pouvant les vicier et c'est justement parce que les conditions énoncées par M. Polonceau ont été absolument remplies que les résultats économiques obtenus doivent être admis comme réels et que nous devons attacher la plus grande importance aux conclusions tirées par des Ingénieurs distingués d'une expérimentation prolongée, faite sur une échelle considérable et sanctionnée par des applications de plus en plus étendues.

Objectera-t-on que « si on modifie une machine en augmentant son poids adhérent qui était précédemment trop faible par rapport à sa surface de chauffe, on aura évidemment des résultats économiques par le compound qui augmente forcément le poids adhérent, et que ces résultats ne prouveront absolument rien » ?

Le cas a pu se présenter exceptionnellement, mais il semble difficile d'admettre que 1 000 *kg* de charge supplémentaire à l'avant qui, dans certaines machines, n'ont pas augmenté sensiblement le poids adhérent puissent expliquer une économie de combustible de 15 à 20 0/0. S'il en était ainsi, n'y aurait-il pas dans le moyen simple et peu coûteux de l'addition d'un lest insignifiant un champ bien fécond d'économie pour les locomotives, qu'on aurait eu grand tort de négliger jusqu'ici ?

L'observation que nous avons faite tout à l'heure répond au désideratum formulé quelques lignes plus bas : « Pour que cette économie soit réelle, il faudrait la contrôler par l'eau économisée sur l'eau dépensée, quoique l'eau entraînée puisse venir aussi modifier ces résultats, puis enfin, ramener la dépense de combustible et d'eau à des charges et à des vitesses égales et ne pas oublier d'employer des combustibles de même qualité, d'avoir des machinistes aussi capables, de tenir compte de l'influence du temps, etc. » Il suffit de se reporter au mémoire de M. de Borodine pour constater avec quel scrupule ces conditions ont été observées.

D'une manière générale, quand une ou plusieurs machines compound sont mises en service dans un dépôt avec d'autres dont elles ne diffèrent que parce qu'un de leurs cylindres a 0,15 *m* ou 0,20 *m* de diamètre de plus et font le même service, on doit bien supposer que l'économie obtenue n'est pas l'effet du hasard

ou de quelque circonstance étrangère, surtout si la comparaison a eu lieu pendant un temps un peu prolongé, fût-il inférieur aux *cinq années* d'observation de la machine A 7, de M. de Borodine.

« Les appareils nouveaux, lorsqu'ils sont neufs, soignés d'une manière toute particulière par leurs inventeurs ou propagateurs avec un personnel de choix, donnent toujours une économie considérable, et lorsqu'ils sont abandonnés à eux-mêmes avec un personnel plus ou moins capable, comme pour les appareils ordinaires, ils ne rendent souvent pas plus de 50 0/0 de l'économie trouvée aux essais. »

Cette observation est assurément fort juste, mais nous ne voyons pas en quoi elle peut s'appliquer, en dehors de certains cas que précisément nous n'avons pas en vue, aux locomotives compound plutôt qu'à d'autres appareils, tels que les distributions perfectionnées, etc. Ne pourrait-on, au contraire, retourner la proposition et dire que, lorsqu'une machine donne de bons résultats en dehors de tout contrôle et de toute intervention quelconque de son inventeur ou propagateur, pour employer les mêmes termes que précédemment, conduite par le personnel ordinaire de la ligne, qui n'a aucune espèce de raisons pour s'y intéresser et qui, loin de là, voit généralement avec plus ou moins de défiance les choses nouvelles; lorsqu'enfin le service se prolonge au delà de la période pendant laquelle l'appareil peut être considéré comme neuf et, à plus forte raison, lorsque la machine, avant d'être transformée, avait déjà quinze ou vingt ans de service; lorsque, disons-nous, toutes ces conditions se présentent, ne doit-on pas croire doublement à la valeur des résultats obtenus?

C'est pourtant ce qui s'est présenté bien des fois, et pour nous-mêmes, par exemple, en Russie, en Suisse, aux chemins de fer Départementaux, etc.

M. Polonceau ne croit pas que l'économie du système compound puisse dépasser 5 à 8 0/0, mais il ne donne point les raisons qui lui font ainsi déterminer ce maximum en présence des résultats de 15 à 20 0/0 obtenus par des expérimentateurs qui méritent toute confiance, et il ajoute « qu'on a des différences bien supérieures entre un bon et un médiocre machiniste, entre une machine en bon état et une machine en mauvais état, etc. ». C'est là un ordre d'idées tout à fait différent. Il est clair que si la machine compound a pu être mise dans des conditions exceptionnellement favorables par rapport aux autres, il faudra être très réservé pour déduire des conclusions générales des résultats obte-

nus ; mais c'est ordinairement tout le contraire qui se présente en pratique, comme nous l'avons indiqué tout à l'heure.

Pour ce qui concerne l'influence du personnel, l'écart que signale M. Polonceau peut certainement exister ; mais, lorsque les machines compound sont conduites successivement par plusieurs machinistes pris au hasard, et que l'économie de combustible se maintient ; lorsque les machines passent par divers dépôts ou par diverses lignes, éloignées quelquefois les unes des autres et à profils différents, d'une même compagnie, et que les mêmes résultats se reproduisent ; lorsque les machinistes ont alternativement à conduire une machine compound et une machine ordinaire, et qu'ils obtiennent invariablement une économie toujours importante avec la première ; enfin, lorsque la moindre consommation des compound est officiellement constatée par une réduction notable, 10 ou 15 0/0 par exemple, des allocations de combustible accordées à ces machines par rapport aux machines ordinaires pour le même dépôt et le même service, réduction acceptée par le personnel, que devient l'influence du mécanicien?

M. Rodieux, Ingénieur en chef de la traction des chemins de fer Jura-Simplon, nous disait dernièrement qu'à son avis et d'après les faits qu'il avait observés dans son service, le fonctionnement compound annulait en grande partie l'influence du mécanicien sur la consommation de la machine, celle-ci ayant toujours un minimum d'expansion considérable, 2,30, par exemple, au lieu de 1,40, comme nous l'avons indiqué précédemment, sans que son conducteur pût y intervenir. Nous attachons une grande importance à cette opinion. Puisque M. Polonceau dit ne pas demander mieux que d'être convaincu, nous espérons que ces quelques faits, dont nous tenons les preuves à sa disposition, pourront contribuer à ce résultat dont nous serions très heureux pour notre part.

Le mémoire discute ensuite quelques avantages attribués au compound et qui ne lui paraissent pas acquis réellement. Nous serons très bref sur ce point qui nous semble reposer en partie sur un malentendu. Il est question de la facilité de démarrage, de l'échappement et de la stabilité et on conteste que les machines compound soient à cet égard dans de meilleures conditions que les machines ordinaires. Nous ne croyons pas que personne l'ait jamais prétendu, au moins sous cette forme. Au début, les adversaires de la locomotive à double expansion basaient leurs objections sur ces

trois points : elle ne devait pas démarrer, son échappement devait être insuffisant et sa stabilité défectueuse. L'expérience a prouvé qu'il n'en était rien. Aujourd'hui, on conteste la *supériorité* de la machine compound sous ces trois points de vue. C'est-à-dire qu'on admet qu'elle n'est pas inférieure. Nous n'en demandons pas davantage pour notre part.

Il y aurait cependant quelque chose à ajouter pour le démarrage. En réalité, la machine à double expansion se trouve sous ce rapport dans des conditions supérieures, voici pourquoi : Avec des machines ordinaires bien proportionnées, on ne devrait jamais, pour utiliser dans des conditions tolérables de la vapeur à pression élevée, marcher à plus de 50 0/0 d'admission; c'est la seule nécessité de pouvoir démarrer dans toutes les positions qui oblige à porter l'admission maxima vers 70 0/0 et à donner, par conséquent, plus d'écart à la distribution qu'il ne serait nécessaire pour la marche proprement dite de la machine. Dans le compound, au contraire, les introductions élevées servent à la marche courante et mettent le démarrage dans des conditions très favorables. Nous supposons bien entendu que la machine porte un appareil de mise en train efficace. Ce n'est qu'en son absence que pourrait s'expliquer la réserve formulée par M. Polonceau : « Je crois que l'on pourrait dire plutôt le contraire dans bien des cas. »

De même, pour la question de stabilité, il y a une distinction à faire. Il faudrait savoir d'abord de quelles machines compound il s'agit. Les machines à double expansion ne sont pas nécessairement à cylindres extérieurs ou à cylindres intérieurs; elles participent donc des avantages et des inconvénients de ces dispositions. Une supériorité incontestable de la machine compound est que, pour la même expansion dela vapeur, les moments de rotation autour de l'essieu éprouvent moins de variation et que, par conséquent, toutes choses égales d'ailleurs, on peut employer un coefficient d'adhérence plus élevé. C'est cette supériorité et celle qui résulte de la moins grande valeur de l'effort maximum par rapport à l'effort moyen subi par les pièces du mécanisme qu'on fait valoir. Ainsi, une pièce de la transmission d'une machine à vapeur : une bielle, une manivelle, une tige de piston prise sur une machine ordinaire, transmettra un effort moyen plus considérable sur une machine compound, parce que cet effort moyen peut être rapproché davantage de l'effort maximum, supposé le même dans les deux cas, que la pièce a à transmettre. C'est une des considérations qui ont été invoquées à l'appui de l'établisse-

ment du type Woolf du chemin de fer du Nord. Or ce ne sont ni les enveloppes de vapeur, ni la surchauffe, ni les distributions perfectionnées qui peuvent donner des avantages analogues.

On ne peut contester que la locomotive à double expansion, ayant pour la même détente totale de plus longues admissions dans chaque cylindre, ait des ouvertures plus grandes de lumières. Il y a donc moins de laminage que dans les machines ordinaires. On peut remédier, dit le mémoire, à cet inconvénient de ces dernières, par divers moyens, par exemple « par des distributions spéciales, comme il y en a plusieurs à l'étude en ce moment et qui tendent à l'application du fonctionnement Corliss aux locomotives. » C'est en effet dans cet ordre d'idées qu'on a le plus cherché l'amélioration des locomotives et les solutions proposées depuis près de cinquante ans et qui sont innombrables n'ont, comme on sait, quels que soient le talent et l'ingéniosité qu'on y ait consacrés, abouti à aucun résultat pratique. La détente Meyer a été appliquée pendant des années et sur une grande échelle en Bavière et on y a définitivement renoncé en 1870 à la suite des expériences du professeur Bauschinger, parce qu'elle ne donnait aucun résultat économique. (Voir Société des Ingénieurs civils, 1877, p. 889.) Il nous semble, en tout cas, que le mémoire fait ici bon marché de la simplicité qu'à la page suivante il recommande en s'appuyant sur l'opinion de Watt. « Le compound, pour la locomotive, est une complication »; les distributions spéciales, genre Corliss, ou autre, n'en seraient-elles pas une ?

Puisque M. Polonceau a invoqué l'autorité du grand mécanicien, il n'est pas inutile de s'arrêter un instant sur ce point. Nous ne savons dans quelle circonstance Watt aurait dit : « En toutes choses et surtout en mécanique, il faut chercher la simplicité », mais nous pouvons affirmer, sans manquer au respect qui est dû par tout Ingénieur à cette grande mémoire, que, si Watt a prêché la simplicité, il ne l'a jamais prêchée d'exemple, le meilleur pourtant de tous les genres de prédication. Il paraît avoir eu, au contraire, une certaine prédilection pour les solutions compliquées, le balancier, le parallélogramme articulé, les distributions par soupapes, les déclenchements, etc., toutes choses que ses successeurs et même ses contemporains se sont attachés à simplifier, sinon à supprimer entièrement.

Pour revenir à la locomotive à double expansion, nous disons qu'on peut la réaliser sans autre complication que, pour employer l'heureuse expression de deux de nos collègues russes, la simple

augmentation de longueur de 0,5 *m* ou 0,6 *m* dans les cercles d'un des pistons et l'addition d'un appareil de mise en marche dont l'installation peut ne pas dépasser comme importance celle d'un appareil de contre-vapeur. On trouve cela trop compliqué, mais on ne craint pas, au risque de continuer la tâche ingrate de Sisyphe, de proposer de nouveau à la place l'addition à la locomotive de mécanismes bien autrement complexes et délicats pour lesquels les questions d'augmentation de dépenses de graissage et d'entretien, sans compter les chances d'avaries, devront bien être invoquées comme pour la locomotive compound, car nous ne supposons pas qu'il y ait deux poids et deux mesures en pareille matière. Ces mécanismes, eussent-ils le succès le plus complet, ne rempliraient d'ailleurs que partiellement le but obtenu bien plus simplement par le compound.

Ce qui se passe pour les machines fixes est bien significatif. Les distributions perfectionnées, Corliss, Sulzer, Wheelock, etc., ont d'abord paru sur des machines à cylindre unique ; aujourd'hui, leurs inventeurs les appliquent sur des machines à double et triple expansion, comme l'Exposition de 1889 nous en offrait quantité d'exemples, ce qui a fait dire avec quelque apparence de raison que, si le compound peut se passer de distributions perfectionnées, en revanche, les distributions perfectionnées ne peuvent guère se passer du compound.

La diminution des condensations intérieures est une des causes de l'économie réalisée par la division de l'expansion entre deux capacités successives; c'est un fait hors de toute contestation, aujourd'hui; que l'échange de chaleur qui s'opère entre les parois des cylindres et la vapeur soit modifié dans son importance par la rapidité de la marche de la machine, nous ne le contestons pas, mais de là à conclure que, dans la locomotive « l'influence du compound au point de vue de la condensation ne peut pas entrer en ligne de compte », c'est tout autre chose.

Dès 1850, M. D. K. Clark constatait sur des locomotives, à la fin de la détente, une augmentation de la quantité de vapeur présente au cylindre qu'on ne peut attribuer qu'à la revaporisation de l'eau condensée pendant la période d'admission. Ces expériences bien connues sont les premières par lesquelles ce fait ait été constaté sur les chemins de fer. Il a été mis en lumière, en France, par les essais de Camille Polonceau au chemin de fer d'Orléans vers 1852, croyons-nous.

Les expériences faites en 1867 par M. Bauschinger sur des loco-

motives de l'État bavarois, expériences dont on trouvera le résumé dans les Bulletins de la Société des Ingénieurs civils, 1877, p. 889, montrent d'une manière saisissante l'importance du phénomène qui nous occupe. On y constate une augmentation dépassant 100 0/0 dans certains cas et qui ne descend qu'exceptionnellement au-dessous de 20 0/0 entre les quantités de vapeur présentes au cylindre au commencement et à la fin de la détente sur des locomotives dont les nombres de tours par minute ont varié dans ces essais de 80 à 180 tours; or, à cette dernière vitesse, qui peut être considérée comme très normale, l'augmentation du poids de vapeur pendant la période de détente est indiquée à 22 0/0 et cela pour une admission qui n'était pas très réduite, 37 0/0; à 157 tours et l'admission réduite à 23 centièmes, l'augmentation du poids de vapeur s'élève à 67 0/0.

Les analyses des diagrammes relevés dans les expériences de M. de Borodine et reproduites dans le mémoire de cet Ingénieur, donnent des quantités d'eau vaporisées pendant la détente (sans enveloppes) variant de 8 à 19 0/0 du poids de la vapeur sèche contenue dans le cylindre à la fin de l'introduction. Nous rappelions tout à l'heure qu'on emploie le compound pour quantité de machines à allure rapide autres que les locomotives, telles que des locomobiles, des moteurs d'éclairage électrique et les machines de torpilleurs, dont les vitesses de rotation dépassent celles des locomotives. Si on le fait, c'est certainement qu'on le considère comme utile.

Les essais si remarquables faits par M. Willans et rapportés dans le volume XCIII des mémoires de l'*Institution of Civil Engineers* indiquent que, à 400 tours par minute, l'action des parois des cylindres n'est pas annulée, et l'auteur conclut que, pour une machine sans condensation fonctionnant à cette vitesse, il y a intérêt à employer le compound, même avec des pressions absolues ne dépassant pas 5 1/2 *kg* par centimètre carré.

On peut encore citer une expérience fort curieuse dans laquelle l'influence des condensations intérieures a été mise en évidence directement et d'une manière qui ne saurait laisser place à aucun doute, expérience rappelée dans le mémoire de M. Pulin, à la page 865. Dans l'essai qui a été fait, au chemin de fer du Nord, d'une disposition de compound à cylindres égaux proposée par nous en 1875 (1), pour un but particulier, et reprise depuis avec

(1) Certificat d'addition, en date du 10 avril 1875, au brevet n° 105272, du 10 octobre 1874.

quelques modifications de détail et un objectif plus général par M. de Landsee, on a trouvé que la même machine, conduite par le même machiniste et faisant identiquement le même service, dépensait notablement moins en marchant avec admission de vapeur dans un seul des deux cylindres égaux et passage de cette vapeur dans l'autre cylindre qu'avec admission plus courte de la vapeur dans les deux cylindres. Cette diminution de consommation obtenue avec une détente notablement moindre, ne peut être attribuée, comme le fait justement observer M. Pulin, qu'à la diminution des condensations amenée par la réduction des chutes de température dans les cylindres dont la surface totale en contact avec la vapeur est pourtant la même dans les deux cas.

L'effet moindre des condensations intérieures peut-il être compensé par l'augmentation des surfaces de refroidissement due à la présence du grand cylindre? Nous ne le pensons pas. Dans le cas de la compound à deux cylindres, la somme totale des surfaces, fonds d'avant, d'arrière et partie cylindrique, est supérieure de 25 0/0 environ à ce qu'elle serait dans la machine ordinaire. On évalue au plus à 5 0/0 la perte de calorique par rayonnement avec des cylindres suffisamment protégés; la compound aurait de ce chef une infériorité de 1,2 0/0 sur la machine ordinaire. Si cette perte est appréciable, ce que nous ne croyons pas, cela prouverait tout au plus que le fonctionnement compound donne encore plus d'avantage qu'on ne le croit puisque, outre l'économie finale constatée, il a encore eu à compenser le déficit dont nous nous occupons.

Cela ne veut pas dire, bien entendu, qu'il ne faut pas chercher par tous les moyens à s'opposer au refroidissement extérieur des cylindres et de toutes les capacités où circule la vapeur, mais il n'y a pas là d'objection à l'emploi du compound, puisque cette objection, si elle était fondée, porterait sur toutes les applications de ce genre de machines.

Nous arrivons à un endroit où les conclusions du mémoire semblent se resserrer pour aboutir à ce dilemme : La compound à deux cylindres ne peut avoir des cylindres de volume suffisant, donc elle n'est pas économique; il faut forcément recourir à l'emploi de plus de deux cylindres et alors l'économie de combustible sera à peu près contrebalancée par l'augmentation des dépenses de construction, de graissage et d'entretien.

Nous croyons avoir déjà suffisamment démontré que les craintes relatives à l'insuffisance de dimensions des cylindres des compound

à deux cylindres étaient fort exagérées et que ce type suffisait à presque tous les besoins du moment; les 700 ou 750 machines de ce modèle en service ou en construction actuellement en offrent une démonstration évidente. Si on est obligé de recourir à l'emploi de plus de deux cylindres, ce doit être, comme nous le disions dans la discussion qui a suivi la communication de M. Worthington (1), pour obtenir quelque avantage de plus que l'économie de combustible, par exemple l'augmentation de puissance, la flexibilité, etc., en un mot, un nouveau bénéfice qui compensera les charges additionnelles dues à la multiplication des organes. Nous ne croyons pas qu'on emploie quatre cylindres pour le seul plaisir de le faire, alors qu'on pourrait se contenter de deux. L'augmentation de la puissance, par exemple, devra amener, outre l'économie de combustible due au compound, une réduction des dépenses de traction qui justifiera un accroissement raisonnable des frais de graissage et d'entretien. C'est comme cela, croyons-nous, que la question doit être envisagée et qu'elle l'est en réalité.

M. Polonceau paraît douter que « l'économie réalisée compense les difficultés d'entretien provenant de la complication mécanique et les dépenses supplémentaires de graissage, même pour les machines compound à deux cylindres. De complication mécanique, il n'y en a aucune, avons-nous vu, pour ces dernières ; il n'y a pas davantage d'augmentation de dépenses d'entretien et de graissage, tel a été l'avis de tous les Ingénieurs qui emploient des compound de ce type et qui étaient présents au Congrès international des chemins de fer, l'année dernière. Pour faire droit à leurs justes réclamations, les conclusions votées par la section et la réunion plénière ont dû être formulées comme suit : « L'Assemblée admet que le système compound permet une augmentation de puissance sans exagération de la fatigue des pièces et aussi une économie de combustible ; elle admet en revanche qu'il en résulte une certaine augmentation des frais d'entretien et de graissage *pour les machines possédant plus de deux cylindres* et des chaudières à plus haute pression que celles des machines ordinaires.»

Nous pouvons citer comme exemple direct le fait suivant : pendant une année de service dans trois dépôts différents, Genève, Neuchâtel et Fribourg, de la Compagnie Jura-Simplon, et conduite par un personnel varié, la machine compound n° 502, pour un parcours total de 35 142 *km*, a consommé en matières grasses 3,8 0/0 de moins que la moyenne des autres machines à marchandises des

(1) *Institution of Civil Engineers*, vol. XCVI, p. 111.

mêmes dépôts, machines absolument semblables à la première, sauf que dans celle-ci on a substitué à un des cylindres un cylindre de plus grand diamètre.

Nous n'allons pas jusqu'à vouloir prouver par là que les compound doivent dépenser moins de graissage, il nous suffit de démontrer qu'elles n'en consomment pas davantage.

M. Polonceau considère que « pour l'Amérique la question des machines compound est secondaire, vu le bas prix du combustible. » Il est certain qu'il y a un ou deux ans on ne s'en occupait guère au delà de l'Atlantique, mais il ne faudrait pas en conclure que la question manque d'intérêt pour les États-Unis. M. A. N. Towne, directeur général du *Southern Pacific*, indiquait dans un rapport officiel (1) que le charbon lui coûtait 30 *f* la tonne à San-Francisco et qu'il doit être transporté quelquefois à des milliers de kilomètres. Il y a quantité de chemins de fer aux États-Unis qui paient le charbon 25 *f* et plus la tonne et on citait dans la discussion qui a suivi la lecture du mémoire de M. Angus Sinclair au *New England Railroad Club* plusieurs lignes, même dans l'Est, où une économie de 15 0/0 sur le combustible équivaudrait à 1 0/0 au moins d'intérêt sur le capital-actions. Aussi n'est-il pas étonnant que depuis quelque temps l'attention se soit vivement portée sur la question, et les essais faits récemment l'ont encore surexcitée. « Une preuve frappante, dit un journal technique (2), de la faveur avec laquelle le nouveau type est accueilli, peut être appréciée par ce fait qu'une au moins de nos grandes lignes étudie sérieusement les moyens de transformer son matériel tout entier en compound. Il n'est pas encore possible de décider quel sera le type final adopté, mais l'opinion générale est que ce sera le type primitif de Mallet avec deux cylindres de diamètres différents, un de chaque côté de la machine. »

« Le type à trois cylindres de Webb a peu de chances, quelque ingénieux qu'il puisse être ; car l'expérience qui en a été faite sur le *Pensylvania* R. R. est loin de lui avoir été favorable dans les conditions de service qui se présentent en Amérique. Le nouveau type à quatre cylindres de Baldwin semble devoir obtenir plus de succès. »

Une autre preuve de l'intérêt qu'a la question qui nous occupe pour les chemins de fer des États-Unis est que l'Association des *Masters Mechanics* avait chargé une commission spéciale de faire

(1) *Les locomotives compound*, par Angus Sinclair, page 14.

(2) *Engineering News*, 3 mai 1890, page 420.

un rapport sur ce sujet. Ce rapport très détaillé a été lu à la réunion générale de l'Association, le 17 juin dernier, il est entièrement favorable à la locomotive compound. Nous regrettons que le temps ne nous permette pas d'en donner l'analyse.

Les expressions reproduites plus haut de l'honorable Vice-Président de la Société « vu le bas prix du combustible » nous procurent l'occasion de répéter encore une fois ce que nous disions il y a treize ans, c'est-à-dire que la réduction de la dépense en argent relative au combustible n'est qu'un des avantages recherchés par l'emploi de la double expansion et que, le charbon ne coutât-il rien du tout, il pourrait encore y avoir intérêt dans certains cas à faire des machines compound.

Les autres avantages résultant de cette réduction du poids du combustible brûlé pour obtenir un travail donné sont la réduction de la chaudière et de ses éléments, grille, surface de chauffe, etc. ou, en conservant ces éléments tels quels, l'augmentation de puissance ou la réduction du travail imposé aux générateurs. On arrive aujourd'hui dans certaines machines à vaporiser 80 *l* d'eau par heure et par mètre carré de surface de chauffe moyenne et à avoir des grilles de 5 m^2 qu'on ne sait plus comment loger. Les chaudières des machines en question ne se trouveraient-elles pas bien de n'avoir à produire que 65 *kg* de vapeur par mètre carré au lieu de 80 *kg* et n'est-il pas plus facile de loger une grille de 4 *m* qu'une de 5 *m*? De même pour la question des approvisionnements d'eau et de combustible qui n'est pas sans intérêt (1).

Ce qui précède est confirmé d'une manière bien évidente par l'intérêt que paraît prendre à la question de la double expansion le chemin de fer du Nord, la ligne française qui paye le charbon le meilleur marché, et les explications données à ce sujet au Congrès international des chemins de fer, en 1889, par notre vénéré collègue, M. Ferdinand Mathias.

Il ne nous reste plus à examiner que l'argument qu'on prétend tirer contre les locomotives à double expansion d'un rapport présenté au XIII[e] congrès des Ingénieurs en chef des associations de propriétaires d'appareils à vapeurs, où il n'est cependant pas du tout question de locomotives (2).

(1) *Société des Ingénieurs civils*, 1877, page 856.

(2) Nous devons faire remarquer que dans la note de M. Polonceau qui a été insérée dans le volume XCIX, page 296, de l'*Institution of Civil Engineers*, et qui est la traduction d'une partie du mémoire du même auteur dont nous nous occupons ici, la première conclusion de MM. Coste et Bour commence par *The compound system applied to locomotives*, c'est-à-dire le *système compound appliqué à la locomotive*, tandis que le texte

Les conclusions de ce rapport sont devenues, on ne sait trop pourquoi, l'arme favorite des adversaires de la locomotive compound qui s'imaginent y lire sa condamnation. Non seulement, comme nous venons de le dire, il ne s'y trouve pas un mot qui concerne la machine dont nous nous occupons, et on ne pourrait en tirer un argument dans ce sens que, par une assimilation des plus élastiques et des plus complaisantes, mais encore on peut légitimement déduire du rapport de M. Bour, par exemple, tout autre chose que ne le fait M. Polonceau, a l'attention duquel paraissent avoir probablement échappé des considérations fort importantes contenues dans ce rapport. Voici en effet ce qu'on trouve immédiatement après les conclusions et en tournant la page 123 :

« La détente multiple a amené des avantages considérables dans les machines marines pour lesquelles elle est adoptée aujourd'hui sans contestation, parce que le fonctionnement de ces machines n'est pas le même que celui des machines industrielles.

Les différences essentielles sont que, dans les machines marines :

1° Les organes de distribution doivent être simples et robustes avec changement de marche. Ces organes ne se prêtent pas à un bon fonctionnement pour les grandes détentes. La détente multiple est donc un moyen rationnel d'obtenir une marche économique en conservant dans chaque cylindre les grandes admissions qu'on réalise par des distributions à coulisse à changement de marche.

Les machines marines travaillant à force constante pendant des périodes déterminées n'ont pas besoin de régulateur automatique.

La détente multiple n'augmente pas le prix des machines marines, car elles ont généralement à développer un travail considérable qu'il convient de répartir sur plusieurs cylindres pour utiliser l'emplacement disponible et égaliser les efforts sur des arbres qui n'ont pas de volants proprement dits.

La nécessité de réduire l'emplacement occupé par les machines impose l'emploi de courses relativement faibles qui, d'ailleurs, sont les plus favorables pour les grandes vitesses que l'on est généralement obligé d'adopter.

français du mémoire, page 68, conforme d'ailleurs au texte de M. Bour (compte rendu des séances du 13e congrès, page 123), dit simplement *la machine compound*. Cette modification importante, qui ne peut être que le résultat d'une erreur de copie ou de traduction, aurait l'inconvénient de faire intervenir M. Bour bien malgré lui dans une question où il n'a certainement jamais eu l'intention de s'engager.

2° Il est impossible de réduire les espaces nuisibles au-dessous de 8 à 10 0/0, parce qu'il est difficile de placer la boîte à vapeur contre la paroi du cylindre sans arriver à des complications inadmissibles et parce qu'on ne peut accepter que des obturateurs simples et robustes.

Un des éléments importants de l'espace nuisible est constitue par le jeu laissé au piston à fond de course; or, avec de grands diamètres et de faibles courses, ce jeu laisse toujours un volume assez considérable.

Dans une machine à un seul cylindre, un grand espace nuisible entraîne une dépense de vapeur inutile et, quand on marche avec une forte pression, 10 à 12 *kg* par exemple, il empêche de réaliser une grande détente. Le compound permet d'avoir de grands espaces nuisibles, tout en évitant ces inconvénients.

3° Le travail varie peu pour l'allure normale qui répond à la marche économique. A d'autres allures qui sont exceptionnelles un fonctionnement moins économique peut être accepté. »

Nous demandons en toute confiance aux collègues qui nous ont fait l'honneur de nous suivre jusqu'ici, si, à l'exception du dernier paragraphe, il y a dans tout ce qui précède un seul mot qui ne s'applique littéralement aussi bien aux locomotives qu'aux machines marines et si ce qui est dit là ne justifie pas absolument l'application du compound aux premières.

Nous pourrions nous déclarer satisfaits et ne pas suivre nos adversaires sur le terrain des machines fixes. Il nous paraît cependant utile de leur signaler combien les conclusions de M. Bour, sur lesquelles ils s'appuient, doivent être acceptées avec réserve, si on se reporte à la déclaration si franche et si loyale faite par l'honorable directeur de l'Association lyonnaise des propriétaires d'appareils à vapeur.

On lit, en effet, à la fin du rapport, page 128 : « Toutes les machines compound, dont nous avons pu mesurer les consommations, présentent des défauts dont nous nous sommes rendu compte et n'étaient pas dans des conditions de marche suffisantes pour que nous puissions tirer de nos chiffres une autre conclusion que celle-ci : lorsque les machines compound ne sont pas établies dans de bonnes conditions ou qu'elles ne sont pas dans leurs conditions normales de marche, elles sont inférieures à de bonnes machines à un seul cylindre. Cette conclusion n'en est pas une et nous aurions pu, sans être téméraires, la formuler sans études et sans essais préalables. »

Le manque d'élasticité, tant reproché aux compound fixes, existe, il est vrai, quelquefois et jusqu'à un certain point; il tient à ce que, comme le fait très bien ressortir M. Bour dans son mémoire, il faudrait pour un travail variable, avec l'introduction au premier cylindre, varier également, au moins dans certaines limites, l'introduction au second cylindre. Les conditions dans lesquelles devrait avoir lieu cette dernière variation ne permettent guère de la confier au régulateur; on se contente donc généralement d'une introduction fixe au grand cylindre, ou, si on y met une détente variable, elle est réglée à la main. Les choses sont absolument différentes dans les locomotives où la variation de la détente se fait dans les deux cylindres par des coulisses manœuvrées par le mécanicien et où les admissions respectives convenables peuvent toujours être obtenues par les divers moyens que nous avons indiqués précédemment.

Nous profiterons de l'occasion pour faire remarquer une fois de plus combien il est difficile de raisonner sur ces matières, lorsqu'on y laisse introduire des confusions de nature à embrouiller encore ces questions déjà si délicates. Nous trouvons dans le tableau des consommations de machines compound et de moteurs à un cylindre donné par notre collègue, M. Walter-Meunier, et reproduit page 69 du mémoire de M. Polonceau, deux machines jumelles figurant légitimement parmi les machines à un seul cylindre.

Mais, lorsque plus loin, page 71, on vient nous dire : « Une machine à un seul cylindre peut être plus facilement confiée à un soigneur médiocre qu'un moteur compound, rangera-t-on encore la machine jumelle, c'est-à-dire composée de deux machines complètes, parmi les machines exigeant peu de soins? Une machine à un seul cylindre sera généralement une machine à distribution Corliss ou analogue; or, même unique, elle sera, à notre avis, plus compliquée qu'une compound à distribution par tiroir, à plus forte raison si c'est une machine jumelle.

La complication se mesure bien moins par le nombre des pièces que par la nature de celles-ci et les fonctions qu'elles ont à remplir.

« La machine à un cylindre est préférable à cause de sa simplicité », soit et encore pas toujours, mais à condition, au moins, qu'elle soit réellement à un cylindre; si, pour une raison quelconque, on est obligé de la dédoubler, l'adoption du compound, qui ne donne déjà plus de complication, pourra amener encore

une réelle simplification, en débarrassant de l'emploi de distributions compliquées et délicates.

Les indications de la pratique sont bien nettes. Dans sa conférence au Congrès international de Mécanique appliquée, M. Polonceau constate que « l'Exposition de 1889 est caractérisée par l'emploi général de la machine compound. Il y a les 9/10e des machines exposées qui appartiennent à ce genre ». Attribuer ce fait à une mode serait une explication plus facile que suffisante.

Si on tient compte de ce que M. Walter-Meunier déclare n'avoir pas voulu parler des moteurs à grande vitesse et recommande le système compound pour les très grandes puissances, on est porté à se demander, les machines de chemins de fer rentrant absolument dans ces deux catégories, jusqu'à quel point les adversaires de la locomotive à double expansion ont été bien inspirés en cherchant des arguments pour leur thèse dans les rapports de l'honorable Ingénieur en chef de l'Association Alsacienne, et également si l'ensemble des conclusions de MM. Walter-Meunier, Bour et Coste confirme aussi entièrement l'opinion de M. Polonceau sur l'application du principe compound aux locomotives, que veut bien le dire notre honorable Vice-Président dans la phrase qui termine son travail.

Nous nous sommes étendu très longuement sur ces questions, car nous nous étions fait un devoir de répondre à toutes les objections plus ou moins graves contenues dans ce Mémoire, parce que nous avons la plus grande considération pour tout ce qui sort de la plume de son auteur et qu'avoir contribué, même pour une faible part, à porter dans son esprit une conviction à laquelle il ne se déclare pas rebelle, serait un résultat auquel nous attachons le plus grand prix. Mais il ne nous paraît pas moins que la réponse la plus catégorique à ces objections est le développement continu et presque prodigieux de la locomotive à double expansion, développement qu'il semble bien difficile d'attribuer à un simple engouement, comme on a cherché à le faire.

Nous rappellerons à ce sujet qu'il y a plus de vingt ans déjà, nous défendions, avec B. Normand, devant la Société des Ingénieurs civils, la cause de la double expansion appliquée cette fois à la machine marine et à la veille de son triomphe définitif. Il y avait alors quelque mérite à le faire. On employait contre elle, à cette époque, exactement les arguments qui servent aujourd'hui contre la locomotive compound. On trouve dans les journaux de l'époque des polémiques auxquelles il n'y a à changer que l'éti-

quette. Il suffit de se reporter à la discussion qui eut lieu en 1872 à l'*Institution of Mechanical Engineers* sur cette question (voir Société des Ingénieurs civils, 1873, pages 803 et suivantes), pour être édifié à ce sujet.

Un échec unique constaté sur un appareil à double expansion servait de thème aux prédictions les plus sinistres sur l'avenir de la nouvelle machine. Dans le volume VIII, 1867, page 136, des transactions de l'*Institution of Naval Architects*, M. R. Murray cite une lettre signée d'un Ingénieur français éminent et expérimenté, dit-il, contenant le passage suivant : « La pratique m'a rendu l'ennemi des complications et des machines *sophistiquées*, comme vous les appelez. Je m'applaudis de l'échec des doubles cylindres et de la condensation par surface, qui ont toujours donné des ennuis et que je n'ai jamais accepté de mon plein gré, mais qui m'ont été imposés par mes directeurs, lesquels s'étaient laissés enjôler par les inventeurs ». Il était, disait-on, bien préférable d'employer des distributions perfectionnées, Corliss ou autres. Le compound était alors aussi un engouement, une mode qui ne devait pas durer. La double expansion a presque disparu, en effet, comme on sait, depuis quelque temps en marine, mais pour faire place à la triple expansion. Ce n'est probablement pas ce résultat qu'espéraient ses détracteurs.

Cette expérience du passé devrait être un enseignement pour les adversaires de la locomotive compound. N'en trouveraient-ils pas un autre dans le témoignage de tant d'ingénieurs distingués dont la conviction est basée sur leur propre pratique et qu'on ne saurait soupçonner de se tromper aussi lourdement? M. de Borodine, dont le nom revient si fréquemment dans ces pages, disait l'année dernière au Congrès international des Chemins de fer : « Sur nos lignes Sud-Ouest Russes, nous avons une douzaine de locomotives compound en service depuis plusieurs années déjà ; elles donnent des résultats si satisfaisants que toutes celles que nous construirons à l'avenir seront de ce système. Je crois que les Expositions qui suivront celle de Paris ne verront plus que des compound et qu'aucune compagnie n'y enverra plus de locomotives ordinaires. »

Une déclaration aussi nette, basée sur une expérience personnelle prolongée, ne vaut-elle pas plus que des volumes de raisonnements? Tout ce que nous pourrions ajouter n'en dirait pas davantage.

NOTE SUPPLÉMENTAIRE

Ce qui précède était à l'impression quand nous avons pu lire dans le *Bulletin* de juin le remarquable travail de MM. Lencauchez et Durant sur *la production et l'emploi de la vapeur considérée comme force motrice principalement dans les locomotives.*

Ce travail renferme des documents des plus intéressants et des opinions dont les unes seront approuvées sans réserve, tandis que d'autres soulèveront probablement de très vives critiques; mais nous n'avons, ici, à nous occuper que de ce qui est dit de la double expansion appliquée à la locomotive. Nous y retrouvons l'objection habituelle du manque d'élasticité prétendu de la locomotive compound : « Si les variations du travail sont considérables, disent nos collègues, il peut arriver que le petit cylindre marche à pleine introduction, et alors le grand cylindre n'est plus suffisant pour détendre la vapeur dans des conditions économiques; il peut arriver aussi que l'admission soit très réduite, et alors le petit cylindre fait tout le travail utile, et le grand piston se meut dans de la vapeur morte, la plus grande partie du travail utile se faisant d'un seul côté. »

Il est bien facile de répondre qu'avec le rapport minimum de 2, pour les volumes respectifs des cylindres et une admission maximum de 80 0/0 au premier cylindre, la vapeur éprouve encore une expansion de 2 1/2 volumes, correspondant à une admission apparente de 40 0/0 dans une machine ordinaire, et qu'il faut être bien difficile pour ne pas trouver ce *minimum* d'expansion suffisant pour réaliser de bonnes conditions au point de vue de l'économie. Que dira-t-on alors de la locomotive ordinaire, dont le minimum descend à 1,25, soit précisément la moitié? La seconde partie de l'observation n'est pas mieux fondée; elle ne parait, d'ailleurs, s'appliquer qu'à la locomotive compound à deux cylindres, et à condition que les distributions relatives des deux cylindres ne soient pas disposées de manière à assurer, à tous les crans de marche, une certaine égalité entre les travaux effectués par les deux pistons. On peut toujours s'arranger pour réaliser une égalité suffisante pour la pratique. Si MM. Lencauchez et Durant veulent bien consulter le tableau de la page 332, du mémoire de M. de Borodine (septembre 1886), ils pourront voir qu'à l'admission de 30,5 0/0 au petit cylindre de la machine A 7, admission correspondante à celle de 14,5 0/0 dans une machine ordinaire, le petit cylindre a fait, dans l'essai n° 22, de 1,19 à 0,98, du travail du grand cylindre. L'inconvénient indiqué par nos collègues comme conséquence du système compound n'existe donc absolument pas en pratique. Les autres considérations relatives à l'absence d'élasticité sont celles que nous avons déjà rencontrées dans le mémoire de M. Polonceau; il est donc inutile d'insister sur ce point.

Il semble bien difficile qu'étant donnés les résultats économiques

absolument hors de toute contestation obtenus sur quantités de points différents par les locomotives à double expansion, les adversaires du système puissent échapper à ce dilemme : Si, pour donner une marche avantageuse, une locomotive doit avoir de l'élasticité, la locomotive compound en a ; si, au contraire, la locomotive compound n'était réellement pas élastique, cela signifierait que l'élasticité n'est nullement nécessaire pour le service des chemins de fer. C'est, bien entendu, la première proposition qui est la véritable.

Il est à remarquer que les adversaires de la machine compound, qui lui trouvent des défauts de toute nature, quelques-uns absolument chimériques : « le système compound complique considérablement la machine ; de plus, les difficultés d'installation forcent à recourir à une foule d'artifices imposant des dispositions vicieuses et une augmentation de poids mort », passent avec une parfaite désinvolture sur les reproches qu'on peut adresser à certaines dispositions de distribution, d'ailleurs parfaitement étudiées, nous nous empressons de le reconnaître. Si on les trouve *un peu* compliquées, « sans complication, vous répondent MM. Lencauchez et Durant, il n'est pas possible de produire de résultats économiques ».

Si on objecte à l'emploi des pressions élevées pour les locomotives ordinaires la charge sur les tiroirs, « on les fait équilibrés ou déchargés partiellement », répondent nos collègues. Or on sait si depuis quarante ans qu'on poursuit le problème du distributeur équilibré pour les locomotives, sur les centaines de systèmes proposés et même essayés, un seul a survécu en pratique. La machine compound, au contraire, réalise ce problème difficile sans la plus légère complication, les deux tiroirs y sont déchargés d'un bon tiers de leur pression par la nature même du fonctionnement de l'appareil. Il y a quinze ans que nous émettons l'opinion que pour équilibrer sans système spécial les tiroirs d'une locomotive ordinaire, le seul moyen est de la transformer en compound.

Il est un point sur lequel il est indispensable d'insister. MM. Lencauchez et Durant reviennent à plusieurs reprises sur la supposition que l'économie attribuée au fonctionnement compound proviendrait de ce que les machines à double expansion marchaient à des pressions plus élevées que les machines ordinaires auxquelles on les comparait, et que, par suite, leur prétendue supériorité provenait uniquement de l'élévation de la pression.

Nous répondrons que, dans la plus grande partie des expériences qui ont fait constater les avantages de la locomotive compound, on a toujours eu le plus grand soin d'avoir des pressions égales sur les machines comparées. Les essais de M. de Borodine et Urquhart ont été faits dans ces conditions et à des pressions modérées, 9 et 10 *kg*. Dans certains cas, on a commandé sur un lot de machines semblables une partie en compound, une partie dans le système ordinaire ; les résultats sont donc absolument rigoureux. Il ne faut pas croire que l'emploi des pressions de 12 *kg* soit très récent. Il existe depuis plus de vingt ans des machines timbrées à ces pressions sur certaines lignes et on n'a pas remarqué que ces locomotives donnassent plus d'économie qu'avec des chaudières timbrées à 10 *kg*.

L'inexactitude de la supposition que les pressions très élevées sont indispensables pour la locomotive à double expansion est suffisamment établie par le fait qu'en Russie, où ces machines se répandent avec une très grande rapidité et où l'on adopte exclusivement ce système pour les constructions neuves, l'administration supérieure n'autorise pas, sur les chemins de fer, l'emploi de chaudières timbrées à plus de 11 *kg* de pression effective.

Reste l'explication de l'engouement pour justifier le développement si considérable de la locomotive compound. L'engouement ne crée pas le succès, il le suit au contraire et le sanctionne. Il nous semble, en tout cas, qu'un fait qui devrait appeler l'attention la plus sérieuse des adversaires de la locomotive à double expansion est l'accueil qu'elle trouve journellement auprès de Compagnies secondaires dont les ressources sont modestes, qui doivent regarder aux économies de toute sorte, qui n'ont pas le moyen de faire des expériences et qu'on ne saurait soupçonner de sacrifier à la mode. Tout esprit impartial et sans parti pris ne peut manquer d'être frappé de cette considération. « La locomotive compound est surtout la *locomotive des petites bourses*, nous disait récemment un collègue distingué et de grand sens, et c'est en grande partie pour cela, ajoutait-il, que je la crois *la locomotive de l'avenir*. »

LE TONKIN

ET SES RESSOURCES HOUILLÈRES

PRINCIPALEMENT DANS LA CONCESSION DE L'ILE DE KEBAO

PAR

H. RÉMAURY

INTRODUCTION

En prenant ce soir la parole devant mes Collègues de la Société des Ingénieurs civils, je tiens à adresser mes vifs remerciements au Comité et à notre cher Président, pour la récompense qui m'a été décernée dans la dernière séance.

M. V. Contamin, avec la bienveillance qui le caractérise, a accompagné la remise de la médaille d'or du prix annuel, d'un rappel élogieux de mes travaux miniers et métallurgiques dans l'est de la France, où ma carrière active, avant comme après l'annexion, s'est appliquée à la création ou à la direction de trois grandes mines et usines, à Ars-sur-Moselle d'abord, puis à Pompey, enfin à Villerupt. Tous ces travaux de longue haleine m'ont tenu longtemps éloigné de la Société. Je suis heureux de les savoir appréciés, et j'avoue que rien ne pouvait m'être plus agréable que le jugement ainsi rendu par mes pairs ; je leur en témoigne de tout cœur ma profonde reconnaissance.

Je vais aborder ce soir un autre sujet.

Si je ne continue pas encore celui que je m'étais tracé pour la suite de mes communications, c'est que depuis environ un an, j'ai dû m'occuper assidûment d'une très importante question, la mise en valeur de la concession houillère de l'île de Kebao (Tonkin).

Il m'a semblé que cette question avait un intérêt immédiat pour notre Société, à laquelle rien de ce qui peut constituer la grandeur du pays ne reste étranger.

Le Tonkin a eu le malheur d'être trop mêlé aux querelles politiques; il n'a pas encore gagné la faveur populaire. Acheté au prix de cruels sacrifices, il a été cependant le théâtre de glorieux combats sur terre et sur mer; il suffit de citer l'amiral Courbet, pour conserver un lien indissoluble entre *le Tonkin et la mère patrie:* tel est le titre d'un livre récent, publié en avril 1890 par un célèbre homme d'État, M. Jules Ferry, qui est tombé du pouvoir sur la question du Tonkin, au moment où les coups foudroyants de Courbet, suivis des brillantes campagnes des généraux Brière de l'Isle et de Négrier, amenaient la paix avec la Chine.

Quelques emprunts seront faits dans le Mémoire à ce livre, déposé sur le bureau pour la bibliothèque, comme une source précieuse de renseignements sur l'histoire du Tonkin, ses ressources et son avenir; ceux qui le liront en entier seront convaincus, suivant les idées de son auteur, que, si le Tonkin est calomnié, c'est surtout parce qu'il n'est ni assez connu ni assez défendu (1).

CHAPITRE I

Généralités

§ I. — Aperçu géographique.

Position et Limites. — Le Tonkin forme la partie septentrionale de l'Indo-Chine. Ses limites ne sont pas encore complètement connues; il est borné au nord par la Chine, à l'ouest par la Birmanie et le Laos, au sud par l'Annam, et à l'est par le golfe du Tonkin et la province chinoise du Quang-Si.

C'est la plus importante vice-royauté de l'empire d'Annam, dont la capitale est à Hué, près de la mer de Chine, par 105° 2′ de longitude Est et 16° 23′ de latitude Nord.

Le Tonkin lui-même est compris entre 101° et 105° 40′ de longitude Est et entre 20° et 23° 20′ de latitude Nord.

Cours d'eau.—Sa capitale, Hanoï, est sur la rive droite du fleuve Rouge (Song-Koï) qui, à partir de Manghao (Chine), par son cours ou par ses affluents, la rivière Noire (Song-Bo) et la rivière Claire (Lo-Giang), constitue presque tout le pays habité.

(1) Page 20. J. Ferry. *Le Tonkin et la mère patrie* (avril 1890). Paris, Victor Havard, éditeur.

Les autres cours d'eau sont le Ngan-Nankiang, le Song-Tam, le Thaï-Binh (appelé aussi Song-Cau), le Song-Ma, le Ngan-Naï, le Ngan-Son et le Ngan-Nam.

Capitale. — Hanoï est à 556 kilomètres de Hué par la route royale. Au temps du Jésuite français, le P. Alexandre de Rhodes, qui évangélisa le Tonkin dès l'année 1627, et qui publia en 1650 sa première carte du « royaume d'Annam », les murailles de la ville avaient six lieues de circuit. Sa position le long du fleuve Rouge, accessible aux jonques chinoises et à nos bateaux de 2 *m* de tirant d'eau, l'appelle à devenir un des principaux marchés de l'Indo-Chine.

Les fleuves, rivières et canaux sont les véritables voies de communication du Tonkin.

Régions. — La région basse, ou le *Delta*, est le siège des grandes agglomérations, alimentées par l'excessive fertilité des terres alluvionnaires, produisant deux récoltes de riz dans l'année. La région moyenne est propre à la culture dans les vallées; c'est déjà le pays minier et forestier. Elle est moins habitée au fur et à mesure qu'on s'approche des forêts peu accessibles.

La région montagneuse est beaucoup plus étendue, mais mal connue; elle est très boisée, dépourvue de chemins et sert de repaire aux rebelles, aux bandes armées qui vivent de vols et de rapines.

Les routes et les chemins de fer devront transformer l'état sauvage de cette région, qui, une fois ouverte, se pacifiera par le travail et recevra le trop-plein de la population qui reste cantonnée dans le Delta, soit par la crainte des brigands, soit par le manque de ressources de la zone montagneuse, presque déserte.

Orographie. — L'orographie du Tonkin ne peut encore être bien fixée; néanmoins, le corps expéditionnaire, malgré les difficultés de toute nature dues au climat, à l'absence de routes, à l'état de guerre et à toutes ses surprises, est parvenu à dresser une excellente carte (1).

Au sud-ouest, une chaîne de montagnes sépare l'Annam des pays tributaires; on y trouve un immense rocher de 400 *m* d'élévation, la Grande-Dent, et le mont Bavi, de 1 800 *m*, non loin de Sontay.

Au nord et au nord-ouest, entre le Thaï-Binh, le fleuve Rouge et

(1) Voir la carte dressée par le corps expéditionnaire, 1887.

leurs affluents, se dressent les premiers maillons de la longue chaîne qui traverse le Yunnan et va se souder au grand massif du Thibet.

Enfin, au nord-est, une autre chaîne tourmentée part du Thaï-Binh, dessine les contours des bassins du Song-Thuong et du Loch-Nan, passe derrière Quang-Yen et s'infléchit le long de la côte jusque près de la frontière chinoise ; c'est là que le charbon est signalé à partir de Dong-Trieu jusqu'à l'île de Kebao. C'est la ligne de partage des eaux du Tonkin et de la Chine ; il y a des sommets de 1 000 à 1 400 *m*.

A peu de distance d'Haï-Phong, se trouvent des plateaux de 700 à 900 *m* d'altitude.

La ville d'Haï-Phong est à 85 *km* de Hanoï par le canal des Rapides et à 115 par le passage des Bambous. Depuis le traité du 15 mars 1874, c'est un port ouvert entre le Cua-Cam et le Song-Tam-Bac.

Ports du Tonkin. — Le *Génie Civil* (1) a publié, en janvier 1890, un article de M. de Fages, Ingénieur des Ponts et Chaussées, sur les ports existants ou projetés dans la colonie.

Sa conclusion n'est pas favorable à l'avenir du port d'Haï-Phong, ville fondée à la hâte pour les besoins de l'expédition, dans un terrain vaseux, à peine dégagé des hautes mers.

La barre du Cua-Cam est un grand obstacle à l'accès du large, et les navires ne trouvent pas la moindre rade à proximité, pour s'abriter des vents. D'autre part, l'extension de la ville est vouée au terrain marécageux.

Au point de vue sanitaire et maritime, le port de Quang-Yen serait plus avantageux ; il est relié à la mer par le Cua-Nam-Trieu, magnifique estuaire plus profond que le Cua-Cam, et à Haï-Phong par le canal du Vaug-Chau. La barre y est cotée à 3,70 *m* ; l'amplitude des marées étant de 3 *m*, il y aurait à peu près 6,50 *m* d'eau pour l'entrée des grands navires. De plus, le terrain n'étant pas de formation alluvionnaire, la salubrité est supérieure à celle du Delta, et les travaux des quais trouveraient une base solide.

Au point de vue commercial, Haï-Phong est plus au centre des agglomérations, et l'avance déjà prise par les installations peut faire pencher la balance en sa faveur.

Les gisements de houille et les exploitations forestières donne-

(1) *Génie civil*, tome XIV, n° 13, 25 janvier 1890.

ront bientôt de l'importance commerciale à Tyen-Yen et Kampha, qui offrent des rades bien abritées et des passes d'entrée ayant 6 *m* d'eau aux plus basses mers, soit 9 *m* à haute mer.

Port-Courbet. — La baie d'Hon-Gay a reçu, par décision ministérielle, le nom de Port-Courbet, pour perpétuer le souvenir de l'illustre marin, dont les coups foudroyants ont amené la Chine à composition. Courbet avait désigné ce point comme futur port de guerre.

Le voisinage de la Chine, la protection indispensable aux entreprises lointaines, les nécessités de la défense en cas de guerre, militent en faveur d'un établissement sérieux au Tonkin. Il faut l'arsenal de Saïgon pour les réparations des navires ; il y a quatre jours de mer entre Haï-Phong et Saïgon : à cette distance, le Tonkin ne peut dépendre indéfiniment de la Cochinchine.

Port-Courbet est naturellement inexpugnable ; son choix comme port militaire s'impose, et la présence d'un gisement houiller inépuisable devrait être décisive.

Suivant M. de Fages, la fondation de Port-Courbet entraînerait celle d'une ville industrielle et commerciale en avant de la passe de Cua-Luc. Le mouillage important qui s'y trouve deviendrait un port de commerce, et les constructions bénéficieraient de la proximité des carrières de calcaire dont les pitons élevés forment déjà des postes d'occupation.

Voies de communication. — Dans tout le Delta, les transports se font par eau. Les chaloupes à vapeur et les jonques du pays, remorquées au besoin par ces chaloupes, circulent entre les points principaux et font le service des voyageurs et des marchandises.

Haï-Phong est relié à Saïgon et aux ports de la côte d'Annam par un service régulier des paquebots des Messageries maritimes, et à Hong-Kong par un service de steamers.

Le réseau de routes et chemins serait assez complet, si l'entretien ne faisait défaut ; il devra être amélioré et surtout complété par les chemins de fer.

Celui de Phu-Lang-Thuong à Langson, à voie de 0,60 *m*, est en construction.

Il faudra un réseau complet et alors le pays sera vite transformé.

Parmi les voies urgentes à établir, M. de Fages signale une route doublée d'un chemin de fer d'environ 150 *km*, partant de Hanoï et passant à Bac-Ninh, ville à 35 *km* d'Hanoï ; c'est un point stratégique qui commande les routes de Thaï-Nguyen, Langson

et Haï-Dzuong; de là, le tracé gagnerait Dong-Trieu, Quang-Yen et Hon-Gay, en se tenant sur des terrains solides à faibles dénivellations et sans beaucoup d'ouvrages d'art; tandis que le tracé d'Hanoï à Haï-Phong, pour relier la capitale à la mer, quoique plus court de 30 *km*, exigerait une foule d'aqueducs et de ponts, un grand viaduc de 1 200 *m* pour le passage du Thaï-Binh, et aurait l'instabilité de l'assiette sur terrain vaseux et submersible.

Climat. — Le climat du Tonkin est celui de la zone torride, heureusement modifié par le voisinage de la zone tempérée.

Dans les plus fortes chaleurs, le thermomètre atteint 38°; en hiver, il s'abaisse à 7° au-dessous de zéro. La moyenne annuelle est un peu inférieure à 24°.

La saison chaude, ou saison des pluies, est difficile à passer, surtout pendant les mois d'avril et de mai, à cause de l'état orageux de l'atmosphère chargée d'humidité.

La saison sèche, ou d'octobre à fin mars, c'est l'hiver. Le thermomètre marque 15° à 20° dans la journée; pendant la nuit, il descend à 7° et même 6°; il faut faire du feu, s'habiller chaudement.

Les mois de novembre, décembre, janvier et février sont les plus agréables.

Le climat est plus sain que celui de Batavia et de la Cochinchine. Il y a des différences sensibles entre le Delta et le Haut-Tonkin. Ainsi la partie montagneuse est fraiche.

D'une saison à l'autre, deux courtes périodes facilitent la transition, ce qui n'a pas lieu en Cochinchine. Le pourtour du golfe est refroidi par un courant marin qui, descendant du nord, contribue à rendre l'atmosphère moins énervante.

La saison des pluies n'a pas la continuité désespérante de la Basse-Cochinchine; c'est la période où il pleut souvent, le moment où le pays apparaît dans sa merveilleuse fertilité.

M. Paulin Vial, ancien résident général par intérim en Annam et au Tonkin, suppose qu'on arrivera à établir sur les hautenrs, sur la côte et sur les îles du golfe du Tonkin, des établissements sanitaires ou de repos.

Du reste, l'acclimatation une fois faite, on se porte fort bien au Tonkin, en se pliant aux règles particulières d'hygiène dans ces pays; la longévité des missionnaires en est la preuve. Il faut éviter les excès de toute nature, se méfier des changements brus-

ques de température et adopter des vêtements appropriés à ces variations.

Une cause majeure d'insalubrité tient à l'insuffisance du logement annamite pour les Européens, et pour les Annamites, à l'état de saleté, au manque d'air dans les caïnhas, généralement entourées de mares infectes où barbotent les animaux domestiques, porcs et canards.

La fièvre des montagnes provient de l'inextricable fouillis de détritus animaux et végétaux, accumulés depuis des siècles, à l'humidité des brouillards nocturnes et à l'impossibilité de renouvellement de l'air dans ce milieu.

M. de Lanessan (1) admet que l'exploitation rationnelle des forêts, le défrichement, la mise en culture ou la transformation en pâturages des plateaux les plus fertiles, diminueraient bien vite l'insalubrité actuelle de ces régions.

En général, les eaux fluviales du Tonkin sont potables. La culture intensive du riz donne deux récoltes par an et sert de dérivatif à la malaria par l'énorme quantité de gaz et de liquides que la plante arrive à fixer.

Des renseignements recueillis à l'occasion de l'expédition et des statistiques nombreuses des pertes du corps expéditionnaire, le docteur Rochard a pu conclure qu'il fallait considérer le Tonkin comme un *sanatorium* en comparaison de la Cochinchine, à cause de la belle saison qui retrempe les santés.

Cultures. — Le *riz* est la culture alimentaire de l'extrême Orient; il vient dans les marécages ou les terrains irrigables. Le riz ordinaire est le plus répandu ; le riz gommeux sert à faire de l'alcool.

Le *maïs* tend à prendre de l'extension.

Parmi les *tubercules*, il faut citer l'igname rouge ou jaune.

On cultive le navet, les racines dont la variété « cu-mai » est très profitable ; les oignons, les moutardiers, les pois.

Comme fruits, on a les bananes, les oranges, les limons.

Le thé, la canne à sucre, le mûrier, le tabac, la cannelle, le coton, le chanvre, la ramie, etc., font l'objet de récoltes abondantes.

Bois. — Les richesses forestières sont considérables; la région montagneuse qui les contient est cinq fois plus étendue que le Delta. L'exploitation des mines y trouvera tous les bois nécessaires au soutènement des travaux souterrains.

(1) De Lanessan. *Indo-Chine française*, 1889.

Parmi les bois de construction, le *bambou* est le plus recherché ; il donne le meilleur rapport en plantations, à cause de son usage illimité. Il est représenté par beaucoup d'espèces : le bambou creux, appelé buong, forme des colonnes naturelles très résistantes pour maisons; d'autres espèces rappellent le roseau ordinaire, avec toutes ses qualités ; enfin les *joncs*, qui se rattachent au bambou, servent à faire des nattes d'ornement ou de couverture des maisons ; le genre appelé *coi* pousse dans les terrains salés voisins de la mer, et les rend ainsi cultivables.

Le *rotin* du Tonkin est celui que préfèrent les Chinois ; leur consommation s'élèverait avec le développement de la production dont l'écoulement est assuré.

Population.—Dans le dénombrement de la population de l'Indo-Chine, évaluée de 18 à 20 millions d'habitants, on doit attribuer plus de moitié au Tonkin, 6 millions à l'Annam, 3 millions à la Cochinchine et au Cambodge.

Les chiffres relevés au Tonkin par les mandarins sont inférieurs à la réalité, la différence leur permettant de s'approprier une partie des impôts.

L'estimation des missionnaires (1), fixés dans le pays depuis plus de deux siècles et demi, dépasse de beaucoup 10 millions, chiffre adopté par nos résidents.

La population est très dense dans le Delta, moindre dans les vallées, très clairsemée dans les montagnes. C'est la race jaune qui s'est implantée en masse, refoulant les aborigènes comme les Muongs, qui ont lutté pour leur indépendance et occupent la région montagneuse.

Les Chinois sont immigrants ou natifs ; les fils de Chinois et de femmes annamites suivent la nationalité de leur père.

Ce sont les Annamites qui forment le fond de la population : ils descendent des Gia-Chi et se considèrent comme un des plus anciens peuples du monde ; ils n'ont guère subi d'autre mélange qu'avec les Chinois, et sont comme eux disciples de Bouddha.

On a vu se dresser, à l'Exposition universelle de 1889, au milieu de la cour centrale du palais de l'Annam-Tonkin, sur une aire de ciment élevée de plusieurs marches au-dessus du sol, le moulage de la statue colossale de bronze noir, connue à Hanoï sous le nom de *Grand Bouddha* (2).

(1) Les Missions étrangères furent fondées en 1663, avec l'approbation du Pape et de Louis XIV.

(2) Voir *le Grand Bouddha d'Hanoï*, par G. Dumoutier, 1888.

Mais le bouddhisme annamite est bien dégagé des vieilles idées: les prêtres n'existent pas; c'est le chef de famille qui est le ministre du culte; il maintient le respect absolu du foyer familial, où se conservent, sur l'autel vénéré, les tablettes retraçant le nom des ancêtres dont la vie a été honorable.

Le gros de la population est fixé dans le Delta, à cause de sa fertilité et de l'insécurité du reste du Tonkin; le travailleur y abonde pour l'agriculture comme pour le commerce et l'industrie : hommes, femmes et enfants grouillent dans les villes, se disputant les transports à des prix invraisemblables. Sur les routes voisines des centres ou des marchés, on voit des files de porteurs et surtout de porteuses, remplaçant par leurs épaules les brouettes et les voitures. L'ouvrier des campagnes gagne encore moins que celui des villes; la main-d'œuvre tonkinoise est probablement la moins chère du monde entier. Le taux entre indigènes est resté aussi bas qu'avant l'établissement du protectorat. Pour les Européens, les salaires ont haussé avec les besoins des expéditons militaires qui ont demandé un grand nombre de coolies ; à la suite de nos colonnes, le prix était de un franc par jour et représentait trois fois l'ancien tarif.

Les indigènes ont les aptitudes voulues pour se former rapidement aux travaux des industries européennes: ils sont maçons, menuisiers, tailleurs, savetiers, fondeurs et même sculpteurs, sans approcher encore des artistes japonais; ils tissent la soie, préparent la laque pour l'exportation en Chine et produisent des cotonnades assez grossières.

§ 2. — **Aperçu historique.**

La conquête du Tonkin devait être une conséquence de celle de la Cochinchine, cédée à la France le 5 juin 1862; c'est la date du traité imposé à Hué, à l'empereur Tu-Duc, après les difficultés de notre première introduction en Cochinchine. Peu après fut établi notre protectorat sur le royaume de Cambodge, qui limite la Cochinchine au nord-ouest.

L'amiral de la Grandière, gouverneur de cette colonie et administrateur éminent, comprit vite l'importance de la recherche du meilleur passage pour attirer vers le Cambodge et la Cochinchine le commerce de la Chine; et il proposa, en 1866, à M. de Chasseloup-Laubat, alors ministre de la marine, de faire explorer le

Me-Kong, grand fleuve qui aurait pu relier, s'il eût été navigable, la Cochinchine, le Cambodge, le royaume de Siam, le Laos et la Chine.

Telle fut l'origine de l'exploration du Me-Kong, confiée en 1866 au capitaine de frégate Doudart de Lagrée, secondé par le lieutenant de vaisseau Francis Garnier. Ces vaillants officiers déployèrent dans leur mission toutes les qualités nécessaires au but à atteindre et parvinrent au nord du Tonkin, dans la province du Yunnan, en réunissant tous les renseignements utiles; leur conclusion fut que le Me-Kong n'était pas la voie à suivre, mais ils désignèrent comme voie future du trafic avec la Chine le fleuve Rouge (Song-Koï), qui, partant du Yunnan, descend directement à Haïphong, à travers tout le Tonkin.

L'honneur de cette découverte appartient à la mission Doudart de Lagrée; on conçoit l'insistance passionnée de Francis Garnier, qui devait payer de sa vie la poursuite de cette grande idée dont la réalisation captiva bientôt le négociant Jean Dupuis.

C'est en 1871 que Jean Dupuis explora le haut fleuve Rouge, accompagné d'un seul domestique. Après avoir constaté que la navigation était possible de Manghao (Chine) à la mer, il revint avec de nouveaux renseignements sur le commerce, les produits forestiers, miniers et métallurgiques de ces régions à peu près inconnues.

En 1872, M. le docteur Harmand passait tout l'hiver au Tonkin pour en étudier la climatologie, le sol, les fleuves, la population, l'industrie, l'agriculture, les produits; et la même année, Dupuis remontait tout le fleuve avec deux canonnières et une jonque, chargée de matériel de guerre pour l'armée du maréchal Mà; il descendait le 21 avril, avec ses bateaux chargés d'étain et de cuivre, reçus en payement des autorités chinoises; au bout de neuf jours, le 30 avril, il débarquait à Hanoï. La preuve était faite en faveur du fleuve Rouge. Mais les mandarins annamites, mesurant pour eux et leur domination égoïste les conséquences dangereuses de cette preuve, voulurent arrêter les entreprises de Dupuis; ils lui refusèrent l'autorisation de faire remonter vers la frontière chinoise une cargaison de sel.

Heureusement pour lui, Dupuis s'était fait accompagner, sur les bateaux amenés de Lao-Kaï, par 150 Chinois bien armés, de la garde du vice-roi de Yun-Nan; il organisa à terre une véritable défense militaire et pendant que le gouvernement annamite demandait son expulsion au gouverneur de la Cochinchine, Dupuis

introduisait une demande d'indemnité pour le dommage qu'il subissait.

Tel fut le motif qui permit à l'amiral Dupré, convaincu aussi de la nécessité de notre protectorat au Tonkin, d'y envoyer Francis Garnier qui, parti le 27 septembre 1873, avec une petite troupe de 180 hommes, s'empara d'Hanoï, occupa le Delta, et déclara le fleuve Rouge ouvert au commerce.

La question du Tonkin et de l'établissement du protectorat a été entourée de tels nuages qu'il était indispensable de les dissiper.

On n'a peut-être pas assez fait ressortir ce fait : c'est que, d'une part, Dupuis était d'accord avec les autorités chinoises pour l'ouverture du fleuve Rouge au commerce, et, d'autre part, que l'expédition de Garnier était conforme aux vœux des Chinois établis à Saïgon.

La poignée d'hommes éparpillés dans les forteresses du Delta aurait dû être immédiatement renforcée pour tirer parti du hardi coup de main de Garnier. Revenus de leur premier émoi, les mandarins annamites organisèrent une embuscade où Francis Garnier périt, le 21 décembre 1873.

Sa mort devait amener un long recul : le gouvernement français, préoccupé d'autres soucis, fit désavouer par M. Philastre, muni de ses pouvoirs, l'expédition Garnier et Dupuis, et par les traités de Hué, des 5 janvier et 6 février 1874, se borna à créer un consulat de France à Hanoï ; le fleuve Rouge n'était pas ouvert à notre commerce au delà de Hanoï.

Les effets du malheureux traité Philastre devaient durer jusqu'en 1882, époque à laquelle le ministère de Freycinet ayant succédé au ministère Gambetta, l'amiral Jauréguiberry, qui avait le portefeuille de la marine, reprit les projets d'expédition.

Le commandant Henri Rivière, arrivé à Haïphong le 2 avril avec deux navires et 400 hommes, se rend à Hanoï, ne peut s'entendre avec les mandarins, toujours cauteleux et hostiles, et le 25 avril il met la main sur la citadelle d'Hanoï.

Les historiens expliqueront un jour la résistance des Pavillons-Noirs et des Chinois ; ils montreront quelles influences armèrent contre la France ces bandes d'irréguliers et de réguliers qu'il fallut combattre, pour venger la mort de Rivière qui, bloqué dans Hanoï par les Pavillons-Noirs, fut tué dans une sortie le 19 mai 1883.

C'est alors que les Chambres, sous le ministère J. Ferry, votent

le crédit nécessaire à une véritable expédition, que le général Bouet et l'amiral Courbet entrent en ligne, suivis du docteur Harmand, nommé commissaire général de la République au Tonkin, avec mission d'établir notre administration et notre protectorat.

Le 17 juillet, l'empereur Tu-Duc étant mort en Annam, l'amiral Courbet, accompagné de M. Harmand, bombarde Hué, après l'envoi d'un ultimatum; dès lors un traité est signé le 25 août 1883 et nous regagnons tout le terrain perdu.

L'action de la Chine restait hostile; les bandes armées avec sa connivence semblaient ignorer la souveraineté de l'Annam sur le Tonkin. Il était réservé au général de Négrier d'abattre cette résistance, en faisant sauter la porte de Chine, après les brillantes opérations qui amenèrent d'abord la convention préliminaire de Tien-Tsin, signée le 11 mai 1884 entre Li-Hong-Chang, vice-roi du Petchili, et le commandant Fournier, muni des pleins pouvoirs de M. Jules Ferry.

Par cette convention, la Chine reconnaissait notre souveraineté sur le Tonkin et s'engageait à en retirer immédiatement ses garnisons.

L'évacuation de Lang-Son fut l'occasion de la reprise des hostilités; l'amiral Courbet dut exercer des représailles à Kelung et Fou-Tcheou.

Le prestige de la France était dès lors si victorieusement établi que, malgré l'accident final de Lang-Son, dû à la blessure du général de Négrier, le traité définitif avec la Chine fut conclu à Tien-Tsin le 9 juin 1885.

Il était bon de rappeler ces faits pour montrer que toutes les conventions sont nettes aussi bien du côté de l'Annam que du côté de la Chine, et que le moment est enfin venu pour notre commerce et notre industrie, de tirer bon parti d'une conquête chèrement acquise et garantie par les traités.

Écoutons enfin, avant de revenir à la houille, ce que pense du Tonkin M. de Lanessan, qui ne peut être suspect de tendresse particulière pour ce pays.

Voici la conclusion de sa conférence sur la situation générale de l'Indo-Chine à la Société de Géographie commerciale dans la séance du 20 décembre 1887 :

« Les dépenses qu'on fera au Tonkin seront productives; la
» population attend que la France lui facilite les moyens d'amé-

» liorer son sort; c'est tout un programme de colonisation paci- » fique auquel la France ne peut faillir. »

Dans ce programme, l'art des mines semble donner de grandes espérances.

Le pain industriel, la houille, existe dans les conditions d'abondance qui se chiffrent par des milliards de tonnes, la qualité est suffisante d'après les essais déjà faits pour les besoins de la marine; d'autres industries, tributaires de la houille, peuvent aussi s'établir, et la France aura bien mérité du Tonkin en apportant du travail aux bras inoccupés.

§ 3. — **Aperçu géologique.**

La plupart des explorateurs du Tonkin avaient signalé les richesses minérales de ce pays, et notamment les dépôts houillers; il importait d'en faire la reconnaissance : telle fut l'origine de la mission confiée par le ministre de la marine à M. Edmond Fuchs, Ingénieur en chef des mines et professeur de géologie à l'École supérieure des mines, dont la mort prématurée en 1889 a été une si grande perte pour la science géologique.

M. Fuchs, assisté de M. Saladin, Ingénieur civil des mines, devait explorer les gîtes de combustibles reconnus ou soupçonnés au Tonkin et dans certaines parties de l'Annam, en étudiant aussi les gîtes métallifères de ces pays.

La Société des Ingénieurs civils, dans sa séance du 17 novembre 1882, entendit une communication verbale de M. Fuchs sur cette mission, accomplie du mois de novembre 1881 au mois de mars 1882, et les *Annales des Mines* de 1882 publièrent un mémoire complet de ces Ingénieurs sur leurs observations, avec une esquisse à grands traits de la géologie de l'Indo-Chine.

Le granite forme l'ossature générale; au-dessus du granite à petits éléments du promontoire de la baie de Tourane, la série des terrains sédimentaires est ainsi déterminée :

A. — *Terrains sédimentaires.*

a. — Schistes anciens.
b. — Terrain dévonien.
c. — Calcaire carbonifère.
d. — Bassins houillers, grès et argiles versicolores.
e. — Terrains secondaires et tertiaires.
f. — Alluvions.

Couches de houille. — Les couches de houille, dont l'étude au Tonkin est l'objet du présent mémoire, se trouvent à la base de la puissante formation argilo-gréseuse qui repose en stratification discordante sur le calcaire carbonifère. Le nom de système de grès et argiles versicolores a été adopté pour éviter un classement immédiat dans l'âge géologique, malgré l'analogie lithologique la plus complète avec les terrains houillers, permiens et triasiques de l'Europe occidentale.

L'étude remarquable de M. Zeiller, Ingénieur des mines, sur la flore fossile des couches de charbon du Tonkin, a établi l'existence d'espèces appartenant à la base de l'époque jurassique et fait admettre une intéressante relation entre les flores triasique supérieure, rhétienne et jurassique inférieure de contrées aussi éloignées que l'Inde, l'Afrique australe et l'Europe occidentale (1).

La conclusion de l'examen de M. Zeiller, d'après la flore fossile, assignerait aux couches de houille du Tonkin un niveau intermédiaire entre le trias et le jurassique.

Alluvions. — Les alluvions anciennes se rattachent à la période de creusement des vallées. Il convient de citer en entier le passage relatif aux alluvions récentes; c'est l'explication des deux grandes périodes annuelles de la vie des populations dans le Delta (2) :

« Les alluvions modernes méritent d'être mentionnées à un » double titre : leur développement et la fertilité du sol auquel » elles donnent naissance. Ces deux circonstances tiennent d'abord à l'extension même des fleuves de l'Indo-Chine, ensuite au » régime hydrologique de ces fleuves et aux conditions météorologiques des contrées qu'ils arrosent.

» Ces contrées possèdent, en effet, une longue saison des pluies, » alternant avec une saison d'absolue sécheresse, qui déterminent » respectivement dans le régime des fleuves une période de crues » et d'inondations suivie d'une période, beaucoup plus courte » d'ailleurs, de basses eaux. Pendant la première de ces deux périodes, les eaux, chargées d'une forte proportion de limon, » principalement emprunté au granite et au grès et argiles versicolores et qui, à cause de cette double origine, est généralement argileux et fréquemment kaolineux, colmatent énergiquement leurs rives où elles sont retenues, pour la culture du

(1) *Annales des Mines*, 1882, tome II, parge 299. — Examen de M. Zeiller, Ingénieur des mines.
(2) Pages 219 et 220 du Mémoire.

» riz, de l'indigo, de la canne à sucre, par d'ingénieux travaux de
» canalisation et d'endiguement.

» L'excédent, toujours considérable, de matières limoneuses est
» entraîné jusqu'à la mer, où tout ce qui n'est pas emporté par
» les courants de la côte se dépose dans l'estuaire même du fleuve,
» sans cesse agrandi par cet incessant apport de matières so-
» lides. »

Il faut retenir de ces observations les circonstances climatériques qui auront aussi leur influence dans la distribution des travaux miniers.

B. — *Roches plutoniques.*

a. — Roches éruptives.

Le *granite normal ancien* est concentré dans le voisinage de l'axe du plateau laotien, de part et d'autre duquel les schistes anciens sont redressés symétriquement. Le même fait se reproduit dans quelques-uns des contreforts de la grande chaîne, notamment dans la baie de Tourane.

Au granite normal succède un *granite à gros éléments*, passant à la *pegmatite*, puis viennent les *granulites* et les *microgranulites* et enfin les *diorites* et *kersantites*, rencontrés parmi les galets constitutifs des poudingues si abondants dans le bassin houillers de Nong-Son (Annam). Les roches porphyriques et volcaniques n'ont pas été observées au Tonkin.

C. — *Roches filoniennes.*

Les importants gîtes d'étain du Laos et du Yunnan ont été décrits par Francis Garnier et par M. le comte de Kerkaradec, consul de France à Hanoï. Le fleuve Rouge amène, à la descente, les barques chargées de métal qui s'échange contre du sel, du tabac et d'autres produits.

Les filons de quartz et les alluvions aurifères se trouvent dans la région de Mi-Duc sur le Song-Don ; les fonctionnaires annamites ont toujours été hostiles à leur exploitation et ont entravé systématiquement leur reconnaissance.

CHAPITRE II

BASSIN HOUILLER DU TONKIN

Il faut se reporter à l'année 1881 et aux difficultés locales, qui ne sont pas encore toutes levées aujourd'hui, pour se rendre compte de l'énergie des premiers explorateurs. MM. Fuchs et Saladin reconnurent péniblement la limite sud du bassin sur une longueur d'environ 111 *km*; du côté du nord les renseignements manquaient, et il eût été trop dangereux de s'y aventurer.

Néanmoins, il fut dès lors constaté que le gisement houiller du Tonkin était de premier ordre, au moins en quantité; quant à la qualité, la récolte incertaine ou insuffisante des échantillons laissait le champ libre à un contrôle ultérieur.

L'existence certaine de la houille exploitable au Tonkin devait appeler l'attention du Ministre de la Marine et des Colonies sur les avantages qui résulteraient, pour notre marine, de leur mise en exploitation, lorsque le pays serait pacifié.

Mission Sarran. — L'arrêté du 6 septembre 1884 institua la Commission des mines de l'Annam et du Tonkin, qui conclut à l'organisation d'un service des mines, sous la direction de M. E. Sarran, Ingénieur colonial des Mines, dont la mission avait pour objet l'étude complète et détaillée du terrain houiller, la mise en exploitation d'une mine au compte de l'État, et les levés préparatoires du lotissement des concessions à mettre ultérieurement en adjudication.

M. Sarran remplit sa mission dans les années 1885 et 1886, et il en rendit compte dans une Etude sur le bassin houiller du Tonkin, avec planches et vues, qu'il publia en 1888 (1).

La planche I est la réduction des cartes dressées par l'état-major général du corps expéditionnaire ; ces cartes à l'échelle de $\frac{1}{300000}$ et de $\frac{1}{500000}$ montrent, avec la netteté de nos belles cartes de France, le relief du sol, la situation des cours d'eau et les parties montagneuses qui encadrent le delta.

Sur cette planche, la bande houillère, teintée en gris, englobe une bonne partie du cours de la Rivière Claire, venant de Tuyen-

(1) Challamel et Cie, éditeurs. Librairie coloniale, Paris.

Quan, touche la ville de Sontay, sur le fleuve Rouge, déjà grossi de la Rivière Claire et de la Rivière Noire avant d'arriver à Sontay, reprend alors les deux rives du Fleuve Rouge jusqu'à son coude vers Hanoï, s'amincit à partir de la ville de Bac-Ninh, et passe bien au-dessus de la ville de Quang-Yen, en se dirigeant vers la baie d'Halong pour finir à l'île de Kebao.

Cette bande, d'une longueur supérieure à 200 *km*, est plate dans le delta et le voisinage des cours d'eau; elle se relève avec les collines et constitue les premiers contreforts du massif montagneux compris entre le delta et la frontière chinoise.

Les planches X et XI donnent le caractère variable et souvent grandiose et pittoresque des formes dues aux diverses natures des roches, tantôt abruptes quand elles sont calcaires, tantôt à pentes douces et à sommets arrondis si les grès et les schistes dominent.

M. Fuchs, dans son mémoire, compare le calcaire-marbre de l'Indo-Chine, soit avec le calcaire dévonien de Givet, soit avec le calcaire carbonifère, et c'est au dernier qu'il rattache celui de l'Indo-Chine. Sa couleur est généralement gris noirâtre, parfois rose ou lilas pâle; son grain est fin et compact, sa dureté est accusée par les dentelures des couches disloquées et redressées. Les îlots et récifs du golfe du Tonkin si chers aux pirates, sont les témoins éternels des soulèvements impétueux qui ont produit l'un des plus beaux paysages du monde avec ses falaises escarpées, ses longs couloirs et ses grottes légendaires.

La répercussion de tels soulèvements se manifeste par les plis, failles et brisures des couches de houille; il faut donc s'attendre, dans l'exploitation, à une quantité plus ou moins grande de menu de même qu'à des épuisements importants, variables avec l'intensité des pluies et la compacité des terrains.

CONCESSIONS INSTITUÉES AU TONKIN

La première concession, celle d'Hon-Gay, est exploitée par la Société française des charbonnages du Tonkin, et la seconde par la Société anonyme de Kebao.

Leur ensemble forme une zone allongée d'environ 70 *km* de long sur une largeur variable de 4 à 8 *km*, soit en surface 420 km^2. On peut compter, en diverses couches, une épaisseur dépassant, au moins à Kebao, 30 *m* de houille.

D'après les travaux faits actuellement dans ces deux concessions

on distingue trois étages dans l'ordre de superposition des couches de houille :

1er Étage. — Le premier étage, ou étage inférieur, présente d'abord des filets de charbon, alternant avec des lits schisteux, lorsque la veine s'épaissit, elle ne donne qu'un combustible médiocre, contenant une forte proportion de cendres, difficile à enflammer et à brûler, tout au plus apte à la cuisson de la chaux.

Il ne faut compter cette ressource que pour mémoire.

2e Étage. — C'est l'étage le plus connu, celui dans lequel se trouvent, à Kebao, les principaux travaux entrepris jusqu'à ce jour; les couches y sont abondantes et leur régularité assure une extraction de longue haleine.

Elles se poursuivent sur toute l'étendue des deux concessions d'Hon-Gay et de Kebao.

Les charbons de cet étage ont un fort pouvoir calorifique; les matières volatiles varient de 5 à 15 0/0, et la proportion de cendres de 3 à 12 0/0.

Ces chiffres varieront nécessairement encore; ils s'améliorent avec la profondeur, il devra être fait un choix judicieux des premières couches à exploiter.

Il semble, *a priori*, que les charbons de Kebao tiennent la corde dans les essais comparatifs des produits des diverses concessions, y compris celle de Tourane (Annam).

Leur teneur en cendres, leur dureté, leur bonne tenue au feu, facile à régler et à conduire, sans modification des foyers, sont des gages de facile écoulement du gros.

Quant au menu, il faut l'estimer de un quart à un tiers de l'extraction et envisager, pour sa vente, le problème de sa transformation en briquettes.

24 couches ont été reconnues à Kebao dans ce deuxième étage. Elles ont dû être relevées dans les ravins et arroyos au moment des basses mers, puis suivies, en faisant jouer la hache, au milieu des bois et broussailles, en se guidant sur les bancs de grès grossier qui font saillie au jour.

La quantité de combustible existant au-dessus des plus hautes marées est relativement faible, mais pendant qu'elle sera prise en galeries déjà commencées, on se propose d'établir un ou plusieurs sièges principaux d'extraction par puits.

3e Étage. — Les limites en sont encore imparfaitement détermi-

nées à Kebao; on a reconnu cinq couches dans la concession d'Hon-Gay, dont l'une a une puissance de 4 à 5*m*.

Leur parallélisme est une circonstance avantageuse pour l'exploitation. Quant à la qualité, elle est la même que celle des autres étages.

CONCESSION DE DONG-TRIEU

D'après les dernières nouvelles du Tonkin, cette concession vient d'être instituée; elle aurait environ 10 *km* dans les deux sens. C'est à partir de Dong-Trieu que le bassin se révèle par les affleurements du terrain houiller ou par les bords inclinés de la cuvette de calcaire carbonifère jusqu'à Quang-Yen. La concession de Dong-Trieu s'étend au nord du Song-Da-Bac et à l'ouest de Quang-Yen.

L'acte de concession n'est pas encore publié.

CONCESSION DE TOURANE

Bien que cette concession appartienne à l'Annam, elle doit être mentionnée, car ses produits vont se présenter en concurrence de ceux du Tonkin. Il s'agit des mines de Nong-Son, situées à 60 *km* de Tourane, dans la province de Quang-Nam.

L'empereur Tu-Duc les avaient concédées, le 12 mars 1881, à un négociant chinois qui visait la fourniture du combustible aux verreries et aux fonderies de Canton et à la consommation ménagère de Shanghaï, où le bois et le charbon de bois sont hors de prix; mais le concessionnaire chinois fut vite arrêté par l'ignorance de l'art des mines. Les droits du concessionnaire chinois ont été cédés, en juillet 1889, à un négociant français du Tonkin, avec la ratification du gouvernement annamite et l'approbation du résident supérieur à Hué. Le bassin de Nong-Son entre ainsi en exploitation régulière. On y accède par une rivière qui peut recevoir les chalands de 1 *m* de tirant d'eau; il y a 2 *km* du point d'embarquement des charbons à la mine.

On trouvera plus loin un tableau des essais comparatifs des charbons des diverses concessions.

CHAPITRE III

AMÉNAGEMENT DE LA CONCESSION DE KEBAO

La concession de Kébao a été instituée au profit de Jean Dupuis, en dédommagement des pertes qu'il avait subies depuis l'année 1873. L'acte de concession a été publié dans le journal *l'Avenir du Tonkin* du 1er septembre 1888.

Voici les premiers articles de cet acte :

Article premier. — L'administration du Protectorat, voulant reconnaître les services rendus par M. Dupuis à la cause de la France et le dédommager des pertes qu'il a subies, lui concède, à titre gracieux et définitif, les fonds et tréfonds du territoire formant l'île de Kebao.

Seront considérés comme faisant partie de la concession, les rochers et ilots situés à une distance de moins de deux kilomètres et au-dessous de cette île, à l'exception de l'île de la Madeleine.

Art. 2. — L'île de Kebao est figurée au plan ci-annexé, sa superficie, d'environ vingt-cinq mille hectares, sera vérifiée par les soins de l'administration qui lui appliquera les règlements concernant les impôts, non contraires aux dispositions stipulées au présent.

Art. 3. — Cette île est limitée ainsi qu'il suit, d'après le plan dressé par M. l'Ingénieur colonial des mines, Sarran, en date du 29 août 1887 :

Au nord, par la pointe du Coq;

Au sud, par la ligne pointillée en bleu sur le plan ci-annexé du chemin habituel des bateaux se rendant au mouillage;

A l'est, par le canal de Tien-Yen.

A l'ouest, par le canal de Cam-Pha et la vallée du nord-ouest de Kebao.

Art. 4. — Toutefois la concession ne comprend pas et ne pourra jamais comprendre la partie du domaine maritime de l'île auquel sera attribué tout l'espace que la mer recouvre aux plus hautes marées, c'est-à-dire l'espace d'environ quatre-vingt-deux mètres, lequel est formellement et expressément réservé.

Art. 5. — Au cas où l'intérêt public commanderait de traverser

le domaine concédé ou de fortifier un point quelconque dudit domaine, le gouvernement du Protectorat pourra entreprendre sur la concession tous travaux nécessaires, et sans indemnité.

Art. 6. — M. Dupuis à qui est consentie la présente concession s'engage à exploiter ou à faire exploiter ladite île.

Il ne pourra céder tout ou partie de ses droits qu'après agrément de l'administration, et ne pourra s'adjoindre pour l'exploitation aucun étranger. Au cas où une Société serait formée, cette Société devra être composée, ainsi que son Conseil d'administration. uniquement de Français et avoir ses statuts approuvés par l'administration.

Art. 7. — M. Dupuis déclare se soumettre sans restrictions ni réserves, en ce qui concerne l'exploitation des mines, au règlement sur la matière inséré au *Journal officiel* du 6 décembre 1884, sauf modifications ultérieures.

M. Jean Dupuis ne pouvant exploiter lui-même cette concession, l'a apportée à la Société anonyme française de Kebao, au capital de 2 500 000 *f*, dont les statuts ont été établis le 9 janvier 1889.

La Société, une fois constituée, se trouva en présence de deux opinions inverses. L'une, très optimiste, assimilant le charbon maigre du deuxième étage au type Charleroi, et le charbon demi-gras du faisceau supérieur au charbon de Cardif ou d'Anzin (fosse Thiers), concluait à la dépense immédiate de plusieurs millions par l'installation de puits, machines, chemins de fer, estacades d'embarquement, maisons, etc., le tout dans une île déserte, à peine explorée.

L'autre opinion, fondée sur la composition d'échantillons recueillis au hasard, était décourageante et aurait abouti à l'abstention, si elle avait prévalu.

Dans cette incertitude, le dossier fut remis entre les mains de l'Ingénieur-conseil actuel qui, après entente sur un premier programme restreint, fut chargé de l'organisation d'une véritable mission d'exploration réelle, avant la mise en valeur de la richesse minérale à définir et à constater.

La mission devait se rendre à Kebao, s'y installer, prendre possession de l'île, et entreprendre d'abord la reconnaissance des couches exploitables; elle devait surtout faire essayer en grand les charbons de fraîche extraction sur les bateaux de passage ou autrement, envoyer des échantillons d'origine certaine, commen-

cer une extraction provisoire aux points facilement accessibles et coordonner les éléments de l'exploitation future sur des plans exactement relevés.

M. Sarran, que ses travaux antérieurs au Tonkin et en France recommandaient spécialement pour la période de recherches, fut nommé ingénieur en chef. A Kebao, on lui adjoignit un Ingénieur ordinaire, sorti de l'École des mines de Saint-Étienne, ayant plusieurs années de pratique dans des travaux difficiles, deux bons maîtres mineurs, dont l'un était au courant des levés et plans souterrains, et un chef sondeur habitué au climat des colonies.

La mission, munie d'un outillage complet de sondage expédié par une autre voie, s'embarquait, le 25 août 1889, sur *l'Oxus*, magnifique bateau de la Compagnie des Messageries maritimes, à Marseille, et arrivait à Saïgon le 20 septembre à 10 heures du matin, sans avoir trop souffert de la traversée, effectuée dans les meilleures conditions, grâce aux attentions du commandant Delacroix, plein de bienveillance pour tous les passagers sans distinction de classe.

Le gouverneur général de l'Indo-Chine, M. Piquet, fit le meilleur accueil à la mission dont le chef était porteur, grâce à la bienveillance de M. le Sous-Secrétaire d'État des Colonies, d'une bonne lettre de recommandation, à cause de l'intérêt général de l'entreprise.

Après trois jours de repos à Saïgon, la mission prit passage sur le paquebot l'*Haï-Phong*, le 23 septembre à midi, arriva à Tourane le 26 à 5 heures du soir et débarqua le 28 à 3 heures du soir à Haï-Phong.

Dans sa visite au résident d'Haï-Phong, M. Sarran reçut, comme à Saïgon, les meilleurs encouragements pour l'objet de la mission qui repartit, le 2 octobre, à 7 heures du matin sur une chaloupe à vapeur le *Paul*, affrétée à MM. Marty et d'Abbadie, et parvint à Kebao le même soir à 7 heures. Elle arrivait au moment de la bonne saison pour les travaux, le semestre d'octobre à avril.

Voici comment cette campagne a été employée :

Travaux à Kebao (du mois d'octobre 1889 au mois d'avril 1890), description sommaire de l'île. — L'île de Kebao est située à l'extrémité orientale du Tonkin, au delà des baies d'Halong et de Faitzilong ; elle a la forme d'un triangle dont la base au sud sert de guide aux bateaux allant du mouillage d'Halong à Pak-Lung : près du sommet, à la pointe du Coq, se joignent le canal de Cam-

pha qui limite le côté gauche du triangle et le canal de Tien-Yen qui limite le côté droit, au milieu duquel une grande rade pourrait abriter les plus forts navires. Dans l'acte de concession, la surface de l'île a été portée à 25 000 *ha*. La partie méridionale est montagneuse et très boisée; on y trouve des sommets jusqu'à 360 et 405 *m*, des vallées et des cours d'eau. Les rivières, dites du Kébao, du Cerf et de Caï-Daï découpent, dans leurs méandres, des canaux naturels où les marées se font sentir jusqu'à la grande cascade, à chute d'environ 6 *m*, dans la rivière principale; elles offrent aux sampans des voies intérieures à partir du mouillage des chaloupes dans la baie de Kebao.

Cette baie est le point d'arrivée à l'île, au milieu de la base du triangle; un appontement y est établi et le mamelon qui domine l'entrée est le siège du groupe de maisons pour les Européens. La vue y est magnifique, la brise généralement rafraîchissante, l'eau douce est pure et abondante; il est néanmoins prescrit de la passer au filtre pour la boisson.

Le village, créé en ce moment pour les Annamites et les Chinois, a été placé à 12 *m* au-dessus du niveau supérieur des marées, en face de ce mamelon central; il se développera au fur et à mesure des besoins.

Main-d'œuvre. — Quelques groupements existaient déjà dans l'île que l'on avait crue longtemps déserte, parce que les paillottes constituant l'habitation sont établies dans la partie haute du cours des rivières. Ainsi, le village Muong de Caï-Daï, le plus voisin de la baie de Kebao, est au confluent de deux ruisseaux qui se jettent dans la rivière de ce nom; une douzaine de maisons en paillottes ont été trouvées lors de la première visite; les terrains cultivés en riz, patates, millet, mûriers, etc., ont été évalués à 60 *ha*.

Plus tard, d'autres villages ont été découverts: celui de Lang-Kebao, dans le haut de la vallée de la rivière de Kebao, puis deux autres appelés Ha-Yap et Caï-Roun, non loin de la mer, en allant vers la rivière de Campha. Le village d'Ha-Yap est entouré de palissades.

Dès que l'arrivée de la mission fut connue, quatre-vingts Chinois se présentèrent le 6 octobre, les uns avec leurs outils de charpentier, les autres avec des filets de pêche, tous prêts à se mettre au travail et se déclarant heureux d'avoir un salaire assuré.

La question de la main-d'œuvre, facile à recruter, était résolue. A la vue de ces travailleurs de bonne volonté, les fatigues de la longue traversée furent vite oubliées, et chacun des membres de la mission se mit courageusement à l'œuvre.

Installation. — L'installation s'était faite un peu à l'étroit, en attendant mieux, dans les maisons et abris du commencement de groupe européen, établi à mi-côte du mamelon central, à l'entrée de l'île de Kebao. Les seules voies de circulation dans l'intérieur de l'île étaient les rivières et quelques mauvais sentiers à travers la brousse ; après le parcours possible en sampan tant qu'il y avait assez d'eau, il fallait continuer à pied, sans craindre les flaques d'eau, les sangsues et les rencontres dangereuses du tigre, troublé dans son domaine incontesté depuis des siècles. Aucun accident n'est d'ailleurs arrivé depuis l'installation de la mission; les animaux féroces s'écartent de l'homme et s'enfoncent dans les fourrés impénétrables où l'abondance du gibier suffit à leur avidité.

Néanmoins, il faut être armé et prudent, et ne pas s'avancer isolément, quand on aborde un terrain vierge où l'imagination grandit l'imprévu; les reconnaissances géologiques exigent alors beaucoup de courage et de sang-froid. Après six mois d'études, la période de reconnaissances spéciales à la houille est à peu près terminée.

Constitution géologique. — L'île de Kebao est constituée par le terrain qui contient la houille dans tout l'Extrême-Orient, c'est-à-dire dans l'Annam et le Tonkin, ainsi que dans l'Inde et l'Australie.

Le terrain houiller apparaît surtout au sud de l'île, dans sa partie la plus allongée; les couches de houille affleurent nettement jusque dans le lit des rivières qui transportent des morceaux de charbon roulé.

L'ensemble des couches reconnues à ce jour est réparti en deux faisceaux, séparés par un intervalle stérile de grès et schistes. Un troisième faisceau inférieur est seulement soupçonné ; il sera provisoirement négligé, à cause de l'importance du faisceau supérieur et du faisceau moyen, et de la qualité meilleure de la houille, en s'élevant de l'un à l'autre.

Le faisceau moyen a été d'abord étudié comme étant celui dont l'accès était le plus facile.

D'ailleurs, l'essai de la houille extraite dans les premières re-

cherches ayant donné de bons résultats aux chaudières de la chaloupe *le Paul*, dès son arrivée à Kebao avec la mission, il n'y avait pas à hésiter à faire la pleine reconnaissance des couches similaires.

Tel a été le premier effort. Au bout d'un mois, à la date du 5 novembre 1889, un plan pouvait être adressé au siège social, à Paris, avec l'indication de 16 couches bien parallèles, d'épaisseur variable entre 0,60 *m* et 2,50 *m*; quatre galeries étaient commencées en des points où les sampans pouvaient aisément arriver. Pour les bois de soutènement il n'y avait qu'à les couper dans les forêts entourant les travaux, la concession comprenant le fonds et le tréfonds du territoire de toute l'île.

Pendant que les galeries commencées allaient se poursuivre et augmenter bientôt en nombre dans la direction du faisceau supérieur, le chef sondeur s'établissait autour du puits de 21 *m*; c'était une avance à utiliser, avec d'autant plus de raison qu'on profitait de toute l'installation préalable.

Il serait long d'énumérer les étapes successives mensuelles; il vaut mieux examiner de suite le résultat du semestre et le mesurer à l'aide des plans à grande échelle qui ont été placés sous les yeux des membres de la Société.

Le faisceau moyen est à peu près complètement reconnu.

En partant du calcaire carbonifère, il faut compter provisoirement comme stérile l'étage inférieur, composé de grès à gros éléments de quartz; sa puissance est d'au moins 400 *m*.

Au-dessus, l'étage moyen présente une épaisseur de 1 000 *m*; c'est une succession de grès grossiers, de grès schisteux et de schistes dans lesquels on a compté vingt-quatre couches, numérotées en allant du toit au mur, dans le tableau ci-dessous :

FAISCEAU DES COUCHES DE L'ÉTAGE MOYEN

NUMÉROS DES COUCHES	PUISSANCE	POINTS ATTAQUÉS
	m	
1	1,30	Attaquée en C.
2	1,00	»
3	1,20	Attaquée par la descenderie.
4	1,50	»
5	1,00	»
6	1,50	Attaquée en A.
7	»	»
8	1,60	Attaquée en N.
9	1,20	»
10	2,50	»
11	1,50	Attaquée en G.
12	1,30	Attaquée en H.
13	0,80	»
14	1,20	»
15	1,50	»
16	1,80	»
17	1,00	»
18	0,70	»
19	0,80	Attaquée en E.
20	0,60	Attaquée en P.
21	0,60	Attaquée en R.
22	0,70	»
23	0,80	Attaquée en T.
24	1,20	Attaquée en F.
TOTAL : 24 couches.	27,30	12 attaques.

La puissance utile du faisceau de l'étage moyen est donc de 27,30 *m*, abstraction faite de la couche 7 non mesurée.

Entre l'étage moyen et l'étage supérieur existe un banc de grès formant horizon; son épaisseur est de 80 *m*.

C'est le mur de l'étage supérieur, évalué à 200 *m* et recouvert lui-même par une forte épaisseur de grès grossier, qui couronne les hauteurs, à l'ouest des habitations.

Voici le tableau des couches reconnues à ce jour dans l'étage supérieur dont la reconnaissance se poursuit :

FAISCEAU DES COUCHES DE L'ÉTAGE SUPÉRIEUR

NUMÉROS DES COUCHES	PUISSANCE	POINTS ATTAQUÉS
	m	
6	»	»
5	3,85	»
4	2,40	»
3	4,00	Attaquée en S.
2	2,50	Attaquée en M.
1	2,00	Attaquée en D.
Total : 6 couches.	14,75	3 attaques.

En ajoutant les 27,30 *m* du tableau ci-dessus on obtient 42,5 *m* pour la puissance totale actuellement connue des deux faisceaux.

La direction générale est sensiblement nord-sud avec une pente de 30 à 35° vers l'ouest; pour les couches du faisceau moyen dans la région de Caï-Daï, et nord-45° avec la même inclinaison ouest, dans la région attaquée en M. Entre les deux régions, l'orientation devient est-ouest, comme s'il y avait eu une double inflexion en plan.

Cubage. — En rapportant une telle épaisseur à la surface à exploiter, on voit que la masse de houille disponible comporte une extraction aussi considérable que prolongée ; elle dépasse un milliard de tonnes. Il restait à fixer la qualité par des essais contrôlés.

Qualité de la houille. — Le premier essai sur le bateau « le Paul » dès l'arrivée de la mission, avait laissé une excellente impression.

Dès que les nouveaux travaux eurent produit quelques tonnes de houille, on obtint du chef de la Division navale l'ordre de les soumettre aux expériences officielles, qui furent faites à Haïphong par M. Schwartz, sous-ingénieur de la Marine, Directeur des Travaux.

La conclusion de son rapport, daté du 3 février 1890, est la suivante :

« Le charbon de Kebao est une houille sèche à longue flamme » du genre des charbons de Cardiff ; il est relativement pur, très

» cohérent et deux des galeries, dont le charbon a été essayé ont » donné des résultats très satisfaisants. Les charbons E et G vapo- » risent facilement plus de sept litres d'eau, ne donnent que peu » de résidus et semblent pouvoir être utilisés sans mélange dans » les chaudières marines. Le minimum de 6 *l*, 5, imposé par » l'Etat dans ses marchés, se trouve dépassé et tout permet de » croire que ces charbons peuvent être brûlés avec profit.

» Le voyage d'études du paquebot « Aréthuse » à Hong-Kong sera » d'une utilité incontestable. »

Le voyage de « l'Aréthuse » paquebot des Messageries Maritimes, se fit d'Haïphong à Hong-Kong du 5 au 8 février 1890, et à la suite des expériences, les rapports ci-dessous furent dressés et communiqués :

I. — Rapport du lieutenant de vaisseau Garnault

en date du 13 février 1890.

Le lieutenant de vaisseau Garnault à M. le Capitaine de vaisseau, Chef de Division, Commandant en sous-ordre la division navale du Tonkin.

Hanoï.

Note sur les essais du charbon dit de Kebao à bord de « l'Aréthuse » des Messageries Maritimes d'Haiphong a Hong-Kong, du 6 au 8 février 1890.

Les essais de charbon dit de Kebao ont commencé à bord de « l'Aréthuse » le jeudi 6 février au soir. Les feux entretenus depuis trente heures avec du Cardiff, ont été poussés à 9 heures du soir avec le dit charbon de Kebao, la pression est rapidement montée et à 11 heures du soir, « l'Aréthuse » appareillait en route libre de Packhoï pour Hong-Kong, par le détroit d'Haïnan, avec très beau temps, calme, mer plate.

Le charbon de Kebao avait été arrimé dans une soute spéciale ; on trouvera ci-après et par quarts de quatre heures, le relevé du journal de la machine pendant la durée des essais.

TABLEAU N° 1.

DATES	HEURES	PRESSION à la CHAUDIÈRE	VIDE au CONDENSEUR	NOMBRE de TOURS	POIDS DU CHARBON consommé	OBSERVATIONS
7 février 1890.	Minuit à 4 h..	4,46	70	66,0	5.200	
	4 h. à 8 h....	4,44	71	66,0	3.400	Décrassé.
	8 h. à midi...	4,50	71	64,2	3.450	
	Midi à 4 h....	4,00	70	63,4	3.600	Décrassé.
	4 h. à 8 h....	4,55	70	65,1	2.600	
	8 h. à minuit.	4,22	70	63,3	3.950	Décrassé.
8 février 1890.	Minuit à 4 h..	4,09	70	63,2	3.800	
	4 h. à 8 h....	4,20	70	64,4	3.250	Décrassé.
Consommation totale : 32 000 *kg*. Escarbilles : 8 000 *kg* = 25 0/0. — Mâchefer : 2 350 *kg* = 7,3 0/0.						

La direction de la chauffe n'ayant cessé d'appartenir pendant les essais au personnel-mécanicien de l' « Aréthuse », les résultats obtenus dans ces conditions restent comparables à ceux des essais précédemment effectués sur ce bâtiment avec le charbon dit de « Tourane ».

11-13 décembre 1889.

Il résulte de cette comparaison que l' « Aréthuse » a consommé :

Après combustion de 14 *t* de Tourane à petite vitesse de 40 tours.	15 750 *kg* de Tourane pour un nombre moyen de 57 tours, donnant une vitesse de 10 nœuds 33.	Dans une expérience de 17 heures en route libre.
Après combustion de 8 *t* de Cardiff et de 18 *t* de Kebao à la vitesse de 70 tours.	14 000 *kg* de Kebao pour un nombre moyen de 64 tours 03, donnent une vitesse de 11 nœuds 50.	

Des expériences faites en décembre 1889 et des essais de Kebao de février 1889, l'on déduit, le tableau n° 2 suivant :

TABLEAU N° 2.

	CARDIFF	TOURANE	KÉBAO
Prix de 1 000 *kg*	16 $	7 $ 50	7 $ 50
Densité	»	0,815	0,800
Plein des soutes de *l'Aréthuse* . . .	206,000 *kg*	209,000 *kg*	205,000 *kg*
Valeur dudit plein	3,296 $	1,567 $	1,537 $
Distance franchissable à la vitesse de 9,25 nœuds du cahier des charges.	4,384 milles	2,590 milles	3,740 milles
Nombre de tours correspondant . .	54	54	54
Consommation de charbon par heure	435 *kg*	747 *kg*	507 *kg*
Prix du mille parcouru à la vitesse de 9,25 nœuds	0 $ 750	0 $ 604	0 $ 411

Le charbon de Kebao, comme celui de Tourane probablement, n'a pas donné, à bord de l'Aréthuse, son rendement maximum, et cela tient à ce que le personnel de ce paquebot, habitué à chauffer avec du Cardiff ne donnant que 7 0/0 de déchet, 5 0/0 escarbilles, 2 0/0 mâchefer, n'a pas conduit les feux comme il l'eût fallu avec les charbons Indo-Chinois produisant :

	KEBAO		TOURANE
Escarbilles	25 0/0	Escarbilles.	43 0/0
Mâchefer	7,3 0/0	Mâchefer.	8 0/0
Total des dépenses inutilisées.	32,3 0/0		51 0/0

Il y a tout lieu de supposer que les rendements de ces charbons auraient été plus grands, si au lieu de décrasser trois et quatre fourneaux dans le même quart, l'on avait décrassé complètement et méthodiquement chacun des hauts fourneaux de l' « Aréthuse » trois fois dans les vingt-quatre heures et l'on peut en grande partie, attribuer à l'irrégularité de cette opération les variations de régime et les écarts de consommation constatés dans le tableau n° 1.

Sans affirmer que l' « Aréthuse » puisse soutenir avec du charbon de Kebao l'allure moyenne de 68,5 tours à laquelle ce paquebot navigue ordinairement, il est permis cependant de conclure du tableau n° 1 qu'après quelques autres essais, l'allure de 67 tours pourra être soutenue sans peine.

Conclusion. — 1° Le charbon dit de Kebao a donné les 7 et 8 février à bord de l' « Aréthuse » des résultats supérieurs à ceux obtenus sur le même paquebot les 12, 13 décembre 1889 avec du charbon de Tourane.

Diminution de 1/10 dans la consommation, augmentation de 1 nœud dans la vitesse.

2° Le charbon de Kebao remplacerait très avantageusement, au prix de sept à huit piastres la tonne, rendu à Haïphong, le charbon de Cardiff pour le bâtiment n'ayant pas besoin de marcher souvent à toute puissance (bâtiments de mer par exemple) et ayant une soute de réserve pour le Cardiff.

Il est évident qu'une partie de l'approvisionnement de ces bâtiments ne pourrait être constituée avec du charbon de Kebao qu'à la condition de ne leur imposer que d'assez courtes traversées et de leur donner toutes ressources d'approvisionnement, puisque la distance franchissable à moyenne vitesse est réduite de 1 à 0,83. L'économie réalisée est de 45 0/0.

3° Les essais ci-dessus sont assez satisfaisants pour qu'il y ait lieu de les renouveler sur les bâtiments de mer de la Division navale, suivant un programme uniforme, afin de fixer définitivement la valeur des coefficients déduits des expériences faites à bord de l' « Aréthuse ».

Il est pourtant permis d'affirmer dès maintenant que l'emploi du charbon de Kebao sur les bâtiments de mer réaliserait une très sérieuse économie dans la marche à moyenne vitesse.

Haïphong, 13 février 1890.

Signé : GARNAULT.

II. — RAPPORT DU SOUS-INGÉNIEUR SCHWARTZ, EN DATE DU 16 FÉVRIER 1890.

Essai pratique du charbon de Kebao à bord du paquebot « Aréthuse »

Avec l'autorisation de M. le chef de la division navale, nous avons assisté à un essai du charbon de Kebao sur le paquebot « Aréthuse » des Messageries Maritimes. On avait embarqué environ 33 *t* de charbon provenant en parties à peu près égales des galeries E. G. et Descente. On a brûlé ce combustible dans les huit foyers que comporte l'appareil évaporatoire du bâtiment.

Au point de vue physique, nous n'avons rien à ajouter aux observations faites précédemment aux ateliers maritimes.

On a commencé à chauffer avec le charbon en expérience au mouillage de Pack-Hoï le 6 février à 9 heures 30 du soir, la pression étant à 2 *kg*. A 10 heures elle atteignait 3,5 *kg* et on fermait les cendriers pour attendre l'appareillage qui eut lieu à 11 heures du soir.

A partir de ce moment et pendant trente-quatre heures consécutives, on brûla le charbon de Kebao et l'on obtint les résultats consignés en détail sur le tableau joint au rapport. La pression au début eut de la peine à se maintenir, la machine ayant été mise en route avant qu'elle fût bien établie. Elle monta cependant et dans la matinée on atteignait 5 *kg* et un nombre de tours voisin de 65.

La flamme est longue et le charbon brûle bien à condition de décrasser de temps en temps chaque foyer. Certaines chutes de pression, que l'on peut remarquer sur le tableau, doivent être attribuées à un décrassage simultané de plusieurs fourneaux, ce qui est à éviter. Le charbon doit d'ailleurs être travaillé sans précaution. L'examen du charbon ou de la flamme ne semble pas révéler la présence de pyrites que nous n'avions signalée d'ailleurs que pour la galerie D.

Les résultats de cet essai en route libre confirment nos prévisions et montrent que les combustibles de Kebao peuvent être utilisés dans les chaudières marines. Ils ont donné au paquebot « Aréthuse » une vitesse de 9″25, mais en raison de ses impuretés qui sont accusées par 30,970 de résidus non brûlés il ne peut développer la même puissance calorifique que les bons charbons anglais. Nous avions appelé l'attention sur ce point, en particulier pour les charbons de la Descente.

Les expériences du charbon de Tourane faites à bord de « l'Aréthuse » peuvent difficilement servir de terme de comparaison. On a marché avec ce combustible seul du 11 décembre 9 heures du matin au 13 à 5 heures du matin, soit quarante-quatre heures; mais pendant toute la première moitié de l'essai, en raison des circonstances de la navigation, on a retenu les feux et marché à 35 tours environ. On a fini par marcher pendant vingt-deux heures à une allure moyenne de 57,3 tours, sans doute avec des difficultés de chauffe accusées par 51,10 de résidus non brûlés. Si nous admettons pour cette allure de 57 tours, même avance par tour qu'avec les 64 réalisés avec le charbon de Kebao, cela nous donne une vitesse de 10,08 *m*.

L'emploi des charbons du Tonkin ou de l'Annam brûlés seuls,

donne donc à « l'Aréthuse », qui selon les renseignements du bord file 12,47 nœuds avec le Cardiff, les vitesses suivantes :

Kebao. . . . . . 11,22 nœuds.
Tourane. 10,08

Cette dernière vitesse est d'ailleurs le résultat d'approximations qui ne peuvent l'avantager. En effet nous avons supposé le recul constant entre 64 tours et 57, ce qui probablement n'est pas exact.

Conclusions.— Il nous semble résulter des essais de « l'Aréthuse » que le charbon de Kebao peut être employé sans mélange dans les chaudières maritimes. Il brûle en effet sans que la chauffe soit pénible et il peut donner une pression raisonnable, qui s'augmenterait si les combustibles étaient plus purs. Sur « l'Aréthuse » la vitesse a été réduite de 10 0/0 en passant du Cardiff au Kebao, mais pour les bâtiments où la vitesse n'est pas un facteur de premier ordre, cet inconvénient peut être de peu de poids. A la même allure de 64,3 tours donnant 11,22 nœuds de vitesse « l'Aréthuse » brûlerait en Cardiff les $\frac{80}{100}$ de ce qu'il brûle en Kebao. Il y aura par suite économie par mille parcouru à cette allure, si le prix de revient du charbon de Kebao est inférieur au $\frac{80}{100}$ du prix de revient des charbons anglais. Il ne paraît pas douteux que les mines du Tonkin ne doivent fournir leurs combustibles à des prix très notablement inférieurs, par exemple dans les environs de 50 0/0 de ceux du Cardiff. Pour le charbon de Tourane il se présente des difficultés de chauffe et une vaporation trop faible pour qu'on puisse recommander leur emploi sans mélange. Dans les vingt-deux heures d'essai dont nous avons parlé plus haut, on a dépensé environ 909 *kg* par heure pour n'atteindre que 57 tours et 10 nœuds. A cette allure le charbon de Kebao serait consommé en moindre quantité, 700 *kg* environ. Le mille, parcouru à cette faible allure qui peut avoir ses inconvénients, s'achète donc au prix d'une consommation de Tourane très notable.

Haïphong, le 16 février 1890.

Le Sous-Ingénieur directeur des travaux,
SCHWARTZ.

Les essais que nous venons de relater, opérés avec la houille brute, extraite des premières galeries, livrée sans triage mais

seulement de provenance garantie, confirmaient les premières espérances.

A partir de ce moment, l'avenir de l'exploitation ne pouvait laisser aucun doute.

Impulsion donnée aux travaux.

Sondage. — Si la configuration du terrain avait été mieux connue au début, on aurait pu éviter le sondage; néanmoins, à titre de vérification en profondeur, une fois l'installation faite, il était bon de le pousser tant que le travail serait facile et régulier. Le sondage avait été installé de manière à profiter de l'avancement de 21,50 *m* donné par un puits creusé au centre des affleurements visibles et accessibles du faisceau moyen.

Ce puits résumait, avec quelques galeries éparses, plus ou moins éboulées, les travaux entrepris par le concessionnaire avec une société d'études; à l'entrée des galeries se trouvaient quelques tonnes de charbon qui servirent au premier essai de la qualité sur le bateau « le Paul ». Le puits avait recoupé les couches n[os] 3 et 4.

Le sondage, commencé le 21 novembre 1889, après le tubage du puits, fut arrêté le 10 avril 1890, à la profondeur de 86,65 *m*, et à la rencontre d'une faille. Il avait fallu descendre, à la fin de février, une première colonne de tubes à cause des éboulements, et à la profondeur de 60,33 *m* à laquelle on était parvenu assez péniblement, en ne travaillant qu'à un poste.

L'importance de cette reconnaissance diminuait à mesure que les autres attaques éclairaient l'allure du gisement.

Cependant, pour utiliser le matériel, le chef sondeur et les ouvriers formés au travail, l'ordre fut donné de poursuivre jusqu'à la rencontre de la faille dite de Kébao, reconnue au jour sur la rive gauche de la rivière, entre le sondage et la galerie A.

A la profondeur de 56,15 *m* on avait recoupé la couche n° 5 dont l'existence n'était pas soupçonnée; on pouvait en trouver d'autres.

En tout cas il était bon de vérifier la constance de l'inclinaison des terrains et leur nature et enfin de mesurer l'amplitude de la faille, évaluée à 100 *m*.

Galeries ouvertes. — La première galerie ouverte a été la galerie A indiquée dans le premier tableau comme ayant attaqué la couche

n° 6 du faisceau moyen; l'épaisseur de cette couche est de 1,50 *m*. C'est une galerie en direction.

Dans la couche n° 3, à côté du sondage, une descente suit la ligne de plus grande pente.

La galerie G a été ouverte en direction dans la couche n° 11 (région de Caï-Daï), et la galerie E à demi pente dans la couche n° 19 (même région).

Ce sont les premières galeries d'étude du faisceau moyen.

Dans le faisceau supérieur, la galerie D a pénétré dans la couche dite de la cascade; c'est la couche n° 1 du 2e tableau, son épaisseur atteint 2 mètres. Au-dessus de cette galerie, on a attaqué, dans la baie du Coq, la couche n° 2 qui a 2,50 *m* d'épaisseur, par la galerie M, et la couche n° 3 qui a 4 *m* d'épaisseur, par la galerie S.

Les autres galeries sont réparties comme l'indiquent les tableaux.

En choisissant celles qui se maintiennent avec le plus de solidité et qui, donnant les meilleurs produits, peuvent être abordées au moins une fois par jour par des barques de 20 *t*, la production journalière est prévue comme devant être prochainement de 100 à 120 *t*, triage déduit.

Il suffit d'établir une voie de 250 *m*, à écartement de 0,60 *m* pour l'ensemble des mouvements; le nombre des travailleurs étant de 275 hommes dont 30 coolies occupés à couper les bois et 15 ouvriers à les préparer.

Progrès de l'extraction. — Pendant que l'extraction va croître en galeries, exploitant l'amont-pendage jusqu'à concurrence de 30 à 40 000 *t* par an, un premier puits sera entrepris sur la rive gauche de la rivière Caï-Daï, au toit de la couche n° 19 et au centre du faisceau moyen.

Le champ d'exploitation, limité à l'est par les affleurements, au nord et au sud par des failles, se termine en pointe à l'ouest par le rapprochement des deux failles convergeant dans la rivière de Kebao.

La position de ce puits, à proximité de trois vallées et cours d'eau pour l'alimentation des chaudières, non loin de la baie de Kebao, avec laquelle il sera en communication par voie ferrée, est telle que les barques de 1 *m* de tirant d'eau peuvent venir, à mi-marée, charger la houille, concurremment avec la voie ferrée, toujours en état de fonctionner et de régulariser la sortie.

L'emplacement est dans un terrain solide, composé de grès et de schistes durs; les infiltrations superficielles seront évitées par

un bon muraillement; les allongements à droite et à gauche du puits iront de 400 à 500 *m*; quatre étages sont prévus, pouvant donner chacun un million de tonnes.

Dans le quartier de la Descente, qui a dépassé 45 *m* suivant l'inclinaison, l'établissement d'un treuil à vapeur comportera une production de 50 *t* par jour et permettra d'étudier le jeu des infiltrations dans le voisinage de la rivière de Kebao.

La production sera ainsi portée de 30 000 à 100 000 *t* en 1891 et 1892, puis au delà selon les débouchés.

Débouchés. — La question des débouchés ne peut laisser aucun doute jusqu'à un certain chiffre, celui des besoins locaux et de la marine.

Il est évident que l'extension ultérieure appartiendra au charbon de meilleure marque dans la cote des comparaisons de qualité. Sous ce rapport, Kebao paraît avantagé; la proportion de gros est telle qu'il n'est pas certain que la transformation du menu en briquettes s'impose à bref délai.

Quelques modifications très simples dans les grilles diminueront la proportion des escarbilles et même l'utilisation de la proportion de menu du tout-venant; c'est une affaire de conduite intelligente et méthodique des foyers; on s'y attachera vite en vue de l'économie de 50 0/0 à réaliser.

Pour les besoins extérieurs au Tonkin, il restera à organiser des dépôts dans des points bien choisis : Saïgon, Hong-Kong, Shanghai, Singapore, Manille, etc.

Il y a quelques années, la consommation, dans les ports de l'Extrême-Orient, dépassait 700 000 *t* en charbons venant surtout d'Angleterre, d'Australie et du Japon.

L'ouverture des houillères du Tonkin va rendre à ce pays son marché naturel et refoulera au loin le combustible étranger, qui trouvera ailleurs son emploi; ce nouvel élément favorisera l'intérêt général en assurant l'intérêt particulier de la colonie placée pour son bien sous le protectorat de la France, qui lui apporte ses capitaux et ses Ingénieurs.

Conclusion

La France est installée dans l'Extrême-Orient au prix de grands sacrifices.

Au Tonkin, comme en Cochinchine, les hésitations du début ont été incohérentes.

L'histoire de nos expéditions semble se reproduire avec les mêmes erreurs: une action d'éclat est suivie d'un recul, faute de bonne préparation.

Au lendemain de la prise de Saïgon par l'amiral Rigault de Genouilly, de la prise d'Hanoï par Francis Garnier, nous étions bloqués par les Annamites; si les premiers effectifs eussent été un peu plus nombreux dans l'un et l'autre cas, toute résistance eût été abattue sans coup férir. Mais, lorsque notre puissance est contestée par nous-mêmes, lorsque les événements si lointains deviennent un thème de controverse entre les partis politiques, l'ère des sacrifices augmente et quelquefois le découragement porte à la renonciation; tel a été un moment l'effet du malheureux traité Philastre au Tonkin.

La résistance annamite et l'hostilité chinoise ont été provoquées par notre faiblesse et nos dissensions avant de l'être par la jalousie de nations rivales.

Aujourd'hui nous sommes en bonne situation, parce qu'aucune voix n'oserait s'élever dans le Parlement contre nos derniers traités avec l'Annam et avec la Chine.

L'effet d'une nouvelle méthode dans l'administration coloniale commence à se faire sentir. La résistance à notre domination, sans caractère national, tombe devant l'ouverture de chantiers assurant la vie des travailleurs. C'est bien démontré depuis qu'on a commencé les travaux du chemin de fer de Phu-Lang-Thuong à Langson; le correspondant du *Temps* écrivait à ce journal, le 27 mars, d'Haïphong, les lignes suivantes :

« J'ai pu visiter pendant une matinée le poste des Sept-Pagodes, où je ne m'étais pas arrêté depuis le retour de la colonne de Langson, avec le général Brière de l'Isle. Ce poste est dans un des plus beaux sites du bas Tonkin. Le coup d'œil est enchanteur. Sur les mamelons couronnés jadis par les forts chinois s'élèvent des constructions en fer et briques servant de casernes aux Européens et de logements aux officiers; les tirailleurs tonkinois sont baraqués dans des paillottes placées au fond des vallons, et, tout autour de ce camp très étendu, se déroule une voie ferrée qui aboutit à l'appontement du Song-thuong. Des jardins potagers, où s'étalent en abondance les légumes les plus variés, indiquent que nos petits troupiers savent joindre l'utile à l'agréable, en occupant leurs loisirs d'une façon intelligente. Tout cet ensemble, propre, bien installé, fait plaisir à voir.

» Mais c'est surtout à Phu-Lang-Thuong que le progrès est sensible; depuis notre installation à la frontière de Chine, ce port intérieur a acquis un développement qui s'accroîtra avec la construction du chemin de fer. Les paillottes disparaissent peu à peu pour faire place aux maisons en briques qui dénotent une occupation définitive. Quel puissant moyen de pacification que le chemin de fer et combien il faut déplorer qu'il ne puisse être employé sur d'autres points! Il est facile de prévoir les heureux effets de cette entreprise.

» Les chantiers ouverts, il y a quinze jours, se succèdent sur un parcours de 6 *km* en suivant le piquetage qui est terminé jusqu'à Than-Moï. On est surpris de constater la facilité avec laquelle on forme des terrassiers annamites : piocheurs et pelleteurs travaillent au bout de quelque temps comme s'ils n'avaient jamais fait autre chose; pourtant la plupart d'entre eux n'avaient jamais manié les outils français. Ce qui étonne le plus ces travailleurs, c'est d'être payés régulièrement, à la fin de chaque semaine. Les pauvres diables étaient si bien habitués, depuis de longues années, à faire, sous la menace du rotin, des corvées pour le compte des mandarins et des villages, qu'ils s'étaient embauchés avec méfiance; aujourd'hui, les demandes d'engagement affluent. La direction des travaux publics ne se préoccupe pas de l'origine des coolies, il suffit que l'homme soit assez robuste pour accomplir la besogne qui lui incombe : on n'exige pas de lui un certificat constatant qu'il n'a pas été pirate. Pirates! ils ne le sont plus le jour où nous leur fournissons d'autres moyens d'existence; au surplus, les détails donnés par les ex-prisonniers de Luu-Ki prouvent que dans ce métier-là, les compagnons ne mangent pas tous les jours. Au fur et à mesure de la formation des chantiers, les congaïes marchandes viennent s'installer le long de la ligne, offrant aux travailleurs l'inévitable bétel, le tabac opiacé, le thé et, en général, les approvisionnements dont les Annamites ne peuvent se passer.

» Je vous tiendrai au courant de la marche de cette intéressante entreprise; dès à présent, je tiens à vous dire que l'effet produit dans la région est excellent. Dans un avenir prochain, nous verrons s'enrôler beaucoup d'indigènes que la faim avait poussés dans les rangs des maraudeurs chinois; ces gens-là, aspirant à la tranquillité, établissent la différence entre la vie menée dans la brousse, où tout leur manque, et les avantages qu'ils peuvent retirer de leur soumission en se mettant aux ordres de nos Ingé-

nieurs. J'ajouterai qu'il y a actuellement 1 200 ouvriers sur les chantiers, qu'il y en aura 2 000 au mois de mai et de 6 à 7 000 en août. La ligne sera livrée au 31 mars prochain. »

Ainsi en 1891 le premier chemin de fer fonctionnera au Tonkin. Si déjà la période de construction provoque autant de satisfaction, que ne peut-on espérer quand le mouvement de la ligne mettra en relations faciles les villes et les campagnes : c'est tout un réseau qui s'imposera dans le pays, et qui amènera la mise en valeur progressive de toutes ses ressources.

Alors l'exploitation des forêts et des mines, l'agriculture et l'élevage du bétail, auront un champ illimité, la population sera au moins aussi dense, mais mieux répartie, parce que les bras seront réclamés partout et la sécurité garantie au grand avantage de tous ; les salaires seront non seulement assurés, mais probablement augmentés, parce que la demande dépassera l'offre : il en résultera la possibilité d'une meilleure alimentation et des notions de propreté qui transformeront l'habitation actuelle du malheureux qui végète aujourd'hui sans souci du lendemain et de la maladie, dans une caïnha malsaine (1).

L'art des mines aura sa grande part dans cette expansion : aussitôt qu'un groupement sérieux sera établi, devant un avenir de longue exploitation, la Direction, qui doit être et rester française, en vertu d'un article inséré dans chaque acte de concession, saura s'inspirer des principes d'humanité et d'économie sociale, imposés par la conscience et la réflexion à tout chef digne du commandement. Un médecin, attaché à chaque groupe, veillera aux soins des malades ou des blessés et surtout à l'hygiène de l'habitation et de l'alimentation.

Le moment de l'école viendra plus tard avec ses heureuses conséquences pour l'enseignement de la langue française, les distractions utiles, la lecture, le dessin, le chant, etc.; c'est tout un horizon de vie nouvelle à laquelle il conviendra d'associer nos nouveaux frères de l'Extrême-Orient.

Les Tonkinois n'osaient pas toucher à leurs richesses minérales ; ils les gardaient *au grand Dragon* et ils avaient peur de *couper la veine royale*, c'est-à-dire de briser la destinée de la dynastie régnante.

Le moment est venu de détruire à jamais de telles superstitions, de montrer que la Providence n'a pas vainement enfoui dans

(1) La caïnha est une sorte de cabane construite en bois de bambou et recouverte de feuilles de palmier.

les flancs de la terre des ressources pour l'avenir et d'apprendre à la race jaune que ces richesses sont la récompense légitime du génie humain qui, après avoir créé la science, l'applique à l'amélioration du sort des nations civilisées.

Après nos braves marins et soldats, c'est le tour des Ingénieurs et des chefs ouvriers de tenir haut et ferme le drapeau de la France dans l'Extrême-Orient, au grand honneur et sous la protection de la Mère Patrie.

NOTICE

SUR

LA VIE ET LES TRAVAUX

DE M. FÉLIX MOREAUX

ANCIEN INGÉNIEUR EN CHEF DE LA SOCIÉTÉ EN PARTICIPATION J.-F. CAIL ET Cie
ET COMPAGNIE DE FIVES-LILLE
MEMBRE DU CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA COMPAGNIE DE FIVES-LILLE

PAR

M. E. LANTRAC

INGÉNIEUR EN CHEF DU SERVICE DES PONTS ET CHARPENTES
DE LA COMPAGNIE DE FIVES-LILLE

MESSIEURS ET CHERS COLLÈGUES,

C'est à titre d'ancien collaborateur et d'ami, et aussi par devoir de reconnaissance, que je viens résumer devant vous la vie et les travaux de M. Félix Moreaux, dont notre Président vous annonçait la mort à l'ouverture de notre dernière séance.

Les travaux de l'éminent collègue dont nous déplorons la mort sont trop nombreux pour que je puisse entreprendre ici autre chose que de les résumer sommairement et de donner un aperçu succinct de sa carrière d'Ingénieur, si utilement remplie.

Pour retracer cette carrière, tout entière consacrée au travail et au progrès de diverses branches de notre art, il faudrait faire l'historique du développement de la construction métallique en France, pendant ces trente dernières années, tant fut grande la part qu'y prit Félix Moreaux. En me renfermant dans le cadre restreint que je me suis donné, ma tâche sera, d'ailleurs, encore assez étendue pour me faire craindre de ne pouvoir la remplir comme il conviendrait.

Félix Moreaux est né à Reims, en mars 1828 ; poussé par son goût et ses aptitudes pour les sciences mécaniques, il entra à l'École des Arts et Métiers de Châlons en 1843, et, après avoir

tenu constamment la tête de sa division, il en sortit en 1846 avec le numéro 1.

Il fit ses débuts dans l'industrie, aux ateliers d'Oullins, que venait de fonder Clément Désormes, ateliers qui furent le point de départ de la Compagnie de Fives-Lille, et auxquels Félix Moreaux resta attaché à des titres divers : dessinateur, chef d'études et Ingénieur, de 1847 à 1854 ; là, il s'essaya dans diverses branches : études et construction de bateaux, de machines de forges, de locomotives, de matériel de chemin de fer et de ponts et charpentes. Il y puisa les éléments relatifs à l'étude du difficile problème de la navigation sur le Rhône, qui fit l'objet de ses recherches pendant la dernière partie de sa carrière ; mais l'étude des grandes constructions en fers laminés, dont on commençait alors à s'occuper, le frappa surtout ; il s'y adonna d'une façon particulière et ne tarda pas à faire preuve d'une grande habileté de conception dans les combinaisons infinies auxquelles se prête ce genre de construction.

De 1854 à 1857, il cessa d'appartenir aux ateliers d'Oullins, pour venir, à Paris, diriger les ateliers de construction de MM. Cadiat et Oudry.

Lorsqu'il entra à ces ateliers, le pont d'Arcole y était déjà en préparation ; il refit le calcul des fermes et s'aperçut que les sections et les dispositions qui avaient été prévues, étaient insuffisantes pour assurer la stabilité de l'ouvrage ; il le démontra à l'aide d'expériences faites sur un modèle de 24 *m* de portée, modèle qui a été placé depuis, sur le ruisseau « le Séchon », à Vichy, et qui existe encore.

A la suite de ces expériences, le pont fut notablement renforcé: il en fit l'ouvrage que nous connaissons et qui a résisté jusqu'à ces derniers temps, malgré le défaut fondamental du système.

Il apporta, d'ailleurs, dans l'étude des détails architectoniques de ce pont, le goût et la recherche des formes que l'on retrouve dans toutes ses études.

Ce début donna la mesure de ce qu'on pouvait attendre de lui.

Une série d'événements, qui devaient singulièrement agrandir son champ d'action, se produisirent alors : d'une part, les ateliers de MM. Cadiat et Oudry devenaient la propriété de la Société J.-F. Cail et C[ie] ; d'autre part, les ateliers d'Oullins passaient aux mains de la Société Parent, Schaken, Houel et Caillet, et ces deux Sociétés s'unissaient pour former une participation qui fut la Société de construction la plus puissante qui ait existé.

Cette nouvelle Société n'hésita pas à choisir Félix Moreaux, alors à peine âgé de trente ans, pour lui confier, à titre d'Ingénieur en chef, la direction de son service des ponts et grandes constructions métalliques; elle n'eut qu'à s'en louer : là, en effet, à la tête de ce service important, ayant à s'occuper d'un genre de construction alors peu connu, pour lequel tout était à créer, il montra toutes les ressources que son esprit pratique tenait en réserve et fit preuve d'aptitudes exceptionnelles.

La Participation J.-F. Cail et Cie et Parent, Schaken, Houel et Caillet (Compagnie de Fives-Lille) étendit rapidement son action en dehors de la France, et bientôt un grand nombre de pays étrangers devinrent tributaires de son industrie; de 1857 à 1870, elle entreprit un nombre considérable de ponts et de constructions métalliques de tous genres, parmi lesquels s'en trouve une grande quantité de très importants, qui tous furent étudiés par Félix Moreaux et construits sous sa direction.

Il faudrait énumérer tous les travaux correspondant à cette période, pour en bien faire saisir la surprenante activité ; ceux qui se rapportent aux premières années, tout au moins, doivent être rappelés ici, parce qu'ils montrent, mieux que tous les autres, l'influence qu'exerça Félix Moreaux sur le développement de l'industrie de la construction métallique en France, et dans quelle mesure il contribua à lui conquérir la juste réputation dont elle jouit à l'étranger.

Dans les trois années comprises entre 1857 et 1860, il fut chargé, coup sur coup, d'étudier et de faire exécuter, tant pour la France que pour l'Espagne et la Russie, des ouvrages qui, encore aujourd'hui, auraient leur importance; en France : le pont sur l'Allier, à Vic-le-Comte, de 100 *m* d'ouverture en deux travées (1856-57); les ponts à deux voies et à piles tubulaires sur le Cher, à Montluçon, et sur l'Allier, à Moulins, ce dernier ayant 335 *m* de longueur (1857-58); le viaduc de la Vézeronce et le pont de 200 *m* sur le Rhône, à Culoz (1857-58); les travées si remarquables des ponts sur l'Allagnon, établis pour la première partie de la ligne d'Arvant à Aurillac (1859-60).

En Russie : les ponts de la ligne de Nijni-Novgorod à Moscou (1859-60), parmi lesquels se trouvent ceux à deux voies et à piles tubulaires établis sur la Kliazma, à Kovrov et Gorokovetz, ayant 240 et 340 *m* de longueur et comportant des travées de 63 *m* d'ouverture.

En Espagne : le pont à piles tubulaires sur le Manzanarès, près de Madrid, et ceux à deux voies et aussi à piles tubulaires du San-Pedro et du Guadalete, ligne de Jerez au Trocadéro, ayant 120 et 160 *m* de longueur.

En 1858, MM. Fleur-Saint-Denis et Joyant ayant appliqué, pour la première fois, des caissons en fer foncés à l'air comprimé, pour l'exécution des fondations des piles en maçonnerie du pont de Kehl, Félix Moreaux comprit immédiatement tous les avantages qu'on pouvait retirer de ce nouveau procédé et en fit la deuxième application aux fondations du pont sur le Rhône, à la Voulte, fondations qu'il fit exécuter en 1859-60. Par les importantes modifications qu'il apporta aux caissons et aux autres appareils employés au pont de Kehl, il réalisa des dispositions qui sont, à peu de chose près, celles en usage actuellement.

Ce serait encore aujourd'hui, pour un Ingénieur, malgré toutes les ressources dont on dispose et l'expérience acquise, une lourde tâche que celle d'étudier et de faire exécuter, dans un laps de temps aussi court et dans des pays si différents, un pareil ensemble de travaux ; mais, si on remonte de trente ans en arrière, combien cette tâche n'apparait-elle pas plus difficile ?

Tout alors faisait défaut, le personnel, aussi bien que l'expérience et l'outillage ; cependant, Félix Moreaux n'eut pas un moment d'hésitation. Ne comptant que sur lui-même, doué d'une puissance de travail extraordinaire et d'aptitudes remarquables, il surmonta toutes les difficultés. Devant s'occuper à la fois des questions d'administration, de l'étude détaillée des projets, de l'outillage et des moyens d'exécution sur place, il satisfit à toutes les exigences de sa situation.

A l'étranger, on ne voulait entendre parler alors que des constructeurs anglais, et ce ne fut qu'au prix de grands efforts qu'il parvint à faire admettre d'abord, puis rechercher les constructions métalliques de sa Société.

Dans tous ces premiers travaux, il se fit remarquer par le soin qu'il apporta à leur étude, par la nouveauté des types et des procédés d'exécution qu'il mit en œuvre.

Au pont de Moulins, il fit les premières fondations tubulaires à l'air comprimé qui aient été exécutées en France, lesquelles, avec celles du pont sur la Theiss, à Szegedin, que M. Cézanne fit exécuter à la même époque, fixèrent les dispositions qui sont encore en usage pour les fondations de ce genre.

Les ponts de la Vézeronce et de l'Allagnon sont les premiers qui aient été établis en France avec des poutres à treillis, sans montants verticaux; ces ouvrages, qui comportent des travées d'une ouverture supérieure à 50 *m*, établis d'une façon très rationnelle, sont des modèles de simplicité, d'économie et d'élégance. Après avoir laissé longtemps ce système dans l'oubli, on a dû y revenir, en croyant faire du nouveau.

On s'étonnera sans doute de ne pas retrouver l'indication de ces travaux dans la partie historique qui précède ordinairement les cours professés dans nos grandes Écoles d'application ; il faut en chercher la raison dans ce fait qu'il ne convint jamais à leur auteur d'attirer l'attention, à quelque degré que ce fût, sur ses études ; mais c'est un motif de plus pour nous de rendre à sa mémoire l'hommage qui lui est dû.

De 1860 à 1870, Félix Moreaux s'occupa de toutes les grandes constructions métalliques qui furent édifiées pendant cette période.

Il faut citer :

En France : les grands viaducs bien connus de la Creuse, de la Cère, de la Bouble et du Bellon, étudiés et construits par lui, sous la direction de M. Nordling ; le pont sous la place de l'Europe, la Galerie des Machines de l'Exposition universelle de 1867, le pont sur la Seine, à Vernon.

A l'étranger : le pont sur l'Yssel, à Zwolle (Hollande); le viaduc de l'Iglawa, la gare de la Sudbahn, à Vienne (Autriche); le pont sur le Pô, à Plaisance (Italie); les ponts sur le Guadiana et le Guadalquivir (Espagne); le pont sur le Tage (Portugal) ; le beau pont sur le Nil, au Caire, etc.

Tous ces derniers travaux, d'une grande importance, furent projetés et exécutés par lui ; pour la majeure partie, ils furent obtenus au concours et arrachés à la concurrence étrangère.

En 1870, cessa d'exister la Participation J.-F. Cail et Cie et Compagnie de Fives-Lille ; chacune des deux Sociétés ayant repris sa liberté, Félix Moreaux resta attaché exclusivement à la Compagnie de Fives-Lille, à titre d'Ingénieur en chef ; un peu plus tard, cette Compagnie, voulant reconnaître ses éminents services, le nomma membre de son Conseil d'administration ; enfin, en 1876, à la mort de M. Houel, fondateur de la Compagnie de Fives-Lille, il devint l'un des administrateurs délégués, chargé de la direction des affaires de cette Compagnie.

De 1870 à 1876, il ne s'occupa plus aussi exclusivement des

ponts et charpentes. C'est cependant encore sous sa direction que furent étudiés et construits le pont sur le Lümfjord, en Danemark, dont la profondeur des fondations dépasse 35 *m*, et celui établi sur le Danube, à Tulln (Autriche), ainsi que le beau pont de l'Augarten, établi sur le canal du Danube, à Vienne, et dont le système est de son invention.

C'est à cette époque qu'il conçut l'idée d'un système nouveau de bateaux pour la navigation sur le Rhône, système ayant pour but de parer aux difficultés qui résultent de l'irrégularité de régime de ce fleuve et de sa vitesse. Malgré un premier essai infructueux, il continua l'étude de cette question que, sans nul doute, il eût fini par résoudre.

En collaboration avec M. Lavalley, il étudia encore et fit construire un système nouveau de drague marine à succion, qui réussit pleinement et qui rendit et rend encore les plus grands services pour le désensablement des passes de nos ports du Nord.

Félix Moreaux n'était pas d'un tempérament très robuste, et il est surprenant qu'il ait pu supporter aussi longtemps les fatigues d'une pareille activité; en 1878, déjà atteint par le mal qui devait l'emporter, et cédant aux sollicitations de sa famille et de ses amis, il résigna ses fonctions d'administrateur délégué de la Compagnie de Fives-Lille, en restant toutefois membre du Conseil d'administration de cette Compagnie, à laquelle il avait consacré tant de soins et de travail.

Par ses facultés de conception et ses aptitudes dans l'art des constructions métalliques et mécaniques, aussi bien que par les connaissances spéciales dont il fit preuve dans les travaux de toutes sortes qu'il étudia et qu'il fit exécuter, il mérite d'être placé au rang des premiers Ingénieurs de notre temps, et doit être considéré comme un des fondateurs de l'industrie des constructions métalliques en France, dont il contribua largement à assurer la bonne renommée à l'étranger.

Aussi modeste que capable, il ne fit aucune publicité sur ses travaux ; néanmoins, son mérite et l'élévation de son caractère lui valurent de nombreuses distinctions honorifiques.

Il était chevalier de la Légion d'honneur, chevalier des Ordres des Saint-Maurice et Lazare, de la Couronne de Fer d'Autriche, du Lion Néerlandais, commandeur des Ordres de Charles III d'Espagne, du Danebrog et de l'Osmanié.

Félix Moreaux ne fut pas seulement un Ingénieur distingué, dont la fin prématurée doit être regrettée de tous ceux qui s'intéressent à notre art; c'était un homme excellent, modeste, affable, serviable, très aimé des siens. D'un caractère gai et régulier, il s'était acquis l'estime et l'amitié de tous ceux qui l'ont connu, et particulièrement de ses anciens collaborateurs, qui lui avaient voué une véritable affection.

C'est avec un bien vif désir de faire apprécier comme elle le mérite la carrière de cet éminent Ingénieur, qui fut pour moi un maître, que j'ai essayé d'en retracer l'existence. Quelque imparfait que soit mon essai, j'en fais hommage à sa mémoire, en souvenir de tous les bons conseils et de toutes les marques de bienveillance qu'il m'a prodigués.

Paris, le 4 juillet 1890.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. ALPHONSE COUVREUX

PAR

M. J. FLEURY

M. Alphonse Couvreux est décédé le 6 juillet 1890, dans sa propriété de Vigneux, à l'âge de soixante-dix ans.

Fils de ses œuvres, Alphonse Couvreux s'était formé à la rude école de l'expérience personnelle. A vingt et un ans, il était déjà entrepreneur, et participait de 1841 à 1848 aux travaux de la partie de la ligne d'Orléans comprise entre Juvisy et Châteauroux. Successivement ensuite, il exécutait divers travaux de terrassements et de ballastage sur les lignes de Lyon et de l'Ouest.

En 1852, la création de la plate-forme en remblais de la gare de Vaise, au moyen de remblais provenant de dragages dans la Saône, lui fournit une première occasion d'appliquer à l'élévation des matériaux des solutions ingénieuses aboutissant à la rapidité d'exécution et à l'économie des dépenses.

Ces solutions, il les mit ensuite à profit, en les perfectionnant, dans d'autres travaux du même genre, exécutés tant aux quais de Lyon que sur la ligne de Genève à Seyssel.

En 1860, il fit, au chemin des Ardennes, le premier emploi de l'excavateur qu'il venait d'imaginer et qui est aujourd'hui trop connu pour qu'il soit nécessaire de le décrire.

Trois ans après, il entreprenait avec ce nouvel engin le creusement de la tranchée d'El Guisr, sur le canal de Suez, laquelle comprenait plus de 6 millions de mètres cubes, répartis sur 15 kilomètres. Il achevait cet important travail plusieurs mois avant le délai fixé. C'est à son retour d'Égypte qu'il s'associe à M. Castor d'abord et ensuite à M. H. Hersent pour l'exécution de ces grands travaux qu'il suffit d'énumérer : la régularisation du Danube

à Vienne, le creusement du canal maritime de Gand à Terneuzen, l'écluse de Termonde et enfin les beaux travaux des quais d'Anvers, œuvres considérables entreprises à l'étranger, au lendemain des désastres de notre pays, et qui y apparaissaient alors comme une marque surprenante de la vitalité et de la persistante énergie de cette race qu'on avait pu vaincre et qu'on ne pouvait pas abattre.

Les honneurs et la fortune étaient venus récompenser Alphonse Couvreux. Par-dessus tout, il éprouvait la jouissance, si vive pour les âmes élevées, de se voir entouré de disciples et de continuateurs, qui portent encore aujourd'hui dans les affaires les qualités qu'ils lui ont empruntées : l'étude approfondie, la sage économie des efforts et des moyens d'action, la résolution, la persévérance et le sang-froid ; j'ajouterai : une grande bienveillance pour le personnel, un accueil encourageant pour tous ceux qui débutaient.

Telles étaient ses qualités maîtresses.

La maladie vint trop tôt interrompre une carrière devenue brillante. Pendant plusieurs années, un admirable et pieux dévouement a, sans une lassitude, disputé, dans une lutte de tous les instants, cette existence menacée au mal qui l'étreignait. L'inexorable nature a enfin remporté sa triste victoire.

Alphonse Couvreux laisse le souvenir d'une existence entièrement vouée au travail, au travail fécondé par l'énergie de la volonté et la puissance de la méditation.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. PAUL BARBE

PAR

M. G. CERBELAUD

Messieurs, une mort prématurée vient de nous enlever l'un de nos plus distingués collègues, M. Barbe, décédé presque subitement mardi dernier dans son cabinet de travail.

M. Paul Barbe appartenait à la Société des Ingénieurs civils depuis vingt-sept ans. Né en 1836, ancien élève de l'École polytechnique et de l'École de Metz, il donna bientôt sa démission d'officier d'artillerie pour se consacrer à la carrière d'Ingénieur civil. Mais l'année 1870 le retrouva l'épée à la main, et il devait dater de cette funeste guerre l'une des plus belles pages de sa carrière, par sa magnifique défense de la place de Toul, où il commandait l'artillerie, défense qui lui valut l'admiration de ses compatriotes et l'estime de l'ennemi. Après la chute de Toul, M. Barbe vint se mettre à la disposition du Gouvernement de la défense nationale, et c'est alors qu'en moins de six mois, grâce à sa parfaite connaissance des explosifs et à la confiance qu'il sut inspirer à Gambetta, il organise en France la fabrication de la dynamite et crée l'usine de Paulilles.

La guerre finie, M. Barbe se consacre complètement à l'industrie des nouveaux explosifs à base de nitroglycérine inventés par notre éminent collègue M. Nobel, et ses remarquables travaux sont trop connus de la Société, grâce à ses communications et à celles de MM. Brüll, Caillaux, Aug. Moreau, etc., pour qu'il soit nécessaire de les rappeler.

On sait avec quelle persévérance et quelle énergie M. Barbe parvint à conserver à l'industrie privée la fabrication des dyna-

mites que l'Administration, toujours jalouse de ses prérogatives, voulait monopoliser au grand détriment de nos usines et de nos travaux publics.

M. Barbe ne limita pas à la France le développement de cette industrie qu'il avait su rendre une industrie française. Par ses soins et sur son initiative, des fabriques de dynamite furent créées en Italie, en Suisse, en Autriche, en Espagne, en Amérique, etc. Partout où de grands travaux s'exécutaient, au Gothard, à Panama, à Corinthe, il y participa au moyen des explosifs et des applications de la perforation mécanique.

Élargissant la sphère de son activité, il organisa de vastes exploitations agricoles en Corse, en Algérie, en Cochinchine et prit une grande part aux travaux entrepris par MM. Frémy et Urbain pour l'utilisation de la *Ramie*.

Il ne m'appartient pas de retracer la carrière politique de M. Barbe ; je dois dire toutefois qu'élu député à deux reprises successives, il fut bientôt distingué à la Chambre par son activité et sa compétence spéciale et fit partie, comme ministre de l'agriculture, du cabinet Rouvier.

M. Paul Barbe était un homme de bien. Tous ceux de nos collègues qui ont été ses collaborateurs et ses amis savent avec quelle bienveillance il accueillait les jeunes Ingénieurs sans distinction d'école ni d'origine.

Il avait le culte profond de l'industrie privée et était l'ennemi acharné de tous les monopoles administratifs : c'est dire qu'il était dans la force du terme un *Ingénieur civil*. Grâce à sa haute situation et à sa grande fortune, il s'intéressait à tous les progrès et se plaisait à encourager toutes les initiatives. Il était de ceux qu'une Société comme la nôtre s'honore d'avoir possédé parmi ses membres ; et tout Ingénieur doit avoir à cœur de mériter la belle parole par laquelle le président de la Chambre, l'honorable M. Floquet, a terminé son éloge funèbre : « Il est mort comme il avait vécu, en travaillant ! »

CHRONIQUE

N° 127

Sommaire. — Accident du paquebot *City of Paris*. — Les gisements de nitrates au Chili. — Pont sur le Saint-Laurent, à Montréal. — Puissantes machines à vapeur. — Le commerce de la glace naturelle.

Accident du paquebot *City of Paris*. — Nous avons rapporté dans la chronique de mai 1890, page 653, les circonstances dans lesquelles s'est produit l'accident si singulier arrivé à l'appareil moteur du paquebot *City of Paris* et les explications qu'on en a présentées. Nous croyons intéressant de donner également le jugement de la Cour d'enquête rendu le 24 juin dernier.

La Cour a entendu les dépositions et les avis d'un grand nombre de personnes; nous nous bornerons à reproduire l'opinion de notre éminent collègue sir Frederick Bramwell.

Sir Frederick Bramwell rappelle qu'il a dirigé les expériences qui ont conduit à l'introduction dans la marine des hélices du genre de celles du *City of Paris*, et qui sont maintenant d'un emploi général. Il est un des deux membres civils du Comité d'artillerie qui s'occupe des questions relatives à l'acier sous ses différentes formes ou applications. Il a examiné le paquebot avarié et désire borner ses observations à l'appareil moteur, laissant à sir Edward Reed les questions concernant la coque. Il n'a pas pu découvrir dans les machines un seul point où il y aurait apparence quelconque qu'on ait sacrifié la sécurité au désir de réaliser la plus grande vitesse. L'acier coulé était la véritable matière pour les bâtis et pour les plaques de fondation; on ne pouvait employer que deux métaux, la fonte ou l'acier coulé; on fait généralement les colonnes en fonte, mais l'acier coulé est préférable pour les deux.

Le témoin a examiné avec la plus grande attention la manière dont était supporté l'arbre extérieur; il est d'avis qu'elle ne laissait rien à désirer. La méthode indiquée par l'un des assesseurs, l'emploi d'un support intermédiaire, n'aurait pas présenté d'avantages et au contraire aurait eu des inconvénients sérieux. La charge sur le coussinet arrière pouvait être de 25 à 26 *t*; en prenant la moitié seulement du diamètre du coussinet comme élément de la surface portante, on trouverait seulement 5,7 *kg* par centimètre carré de charge sur le gaïac. Rien ne vient donc démontrer l'utilité d'un support intermédiaire. On peut d'ailleurs invoquer à l'appui le fait que l'arbre de la machine de bâbord du même paquebot et les deux arbres du navire jumeau le *City of New-York* n'ont éprouvé aucune avarie. Rien ne vaut le gaïac pour les coussinets dans l'eau.

Dès que l'arbre a été cassé, la machine s'est emportée; il n'y a rien d'exagéré à admettre que la vitesse a pu atteindre le quadruple de la vitesse normale, ce serait donc 320 tours au lieu de 80. Il est dès lors

facile de comprendre comment le grand cylindre a été mis en morceaux. Pour mettre en mouvement à cette vitesse les pièces du mécanisme, il faut leur appliquer 85 fois leur poids, ce qui représente 800 *t*, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, et cela plusieurs fois par seconde. Cet effort énorme de 800 *t* a amené la rupture des boulons ou des chapeaux de la tête du piston, et une fois la liaison du mécanisme et du piston rompue, la démolition générale s'est produite instantanément. Sir Frederick Bramwell ne peut s'expliquer l'usure de la portée de l'arbre de l'hélice; il y a là quelque chose d'anormal au sujet duquel il ne se soucie pas de hasarder une théorie; il se borne à répéter que l'emploi d'un support intermédiaire aurait, à son avis, fait plus de mal que de bien.

Voici le jugement de la Cour d'enquête en réponse aux questions posées par le *Board of Trade:*

« Notre opinion est que toutes les précautions avaient été prises pour assurer la sûreté du navire relativement au service auquel il était destiné, et que la sécurité n'a été en rien sacrifiée à la vitesse. Nous regardons l'acier coulé comme une matière très convenable à employer pour les parties des machines qu'on fait ordinairement en fonte. Les arbres d'hélice, soit à l'intérieur du navire, soit à l'extérieur, paraissent avoir été supportés d'une manière suffisante; celui de la machine de bâbord, resté intact, présente peu ou point de traces d'usure. Le support d'arrière est bien disposé et sa force suffisante pour la charge qu'il a à supporter. Les coussinets dans le tube et dans le support arrière sont en matières convenables et leur construction est une de celles qu'on emploie sur la Clyde et ailleurs avec le plus de succès. Les cylindres, pistons, tiges, bielles et autres parties des machines sont en matériaux appropriés et bien établis. Les essais de résistance ont été faits conformément aux prescriptions du Board of Trade et du Lloyd. Il y avait des modérateurs de vitesse pour contrôler la marche des machines par grosse mer, et, s'ils avaient été embrayés au moment de l'accident, ils n'auraient pas pu le prévenir.

» Les cloisons étanches étaient bien établies et, d'après notre opinion personnelle et celle des témoins entendus, elles étaient assez fortes pour résister à la plus grande pression qu'elles pouvaient avoir à soutenir dans le cas où deux compartiments adjacents auraient été noyés, et par tout état de la mer. La cloison longitudinale est également assez forte et s'élève assez haut. Il est désirable qu'elle soit munie d'une porte, et que cette porte soit pratiquée à une hauteur convenable pour les besoins, ainsi que le cas s'en est déjà présenté.

» Nous considérons que la voilure était suffisante.

» Les fissures dans les colonnes en acier coulé des bâtis ont été amenées par le retrait au refroidissement et avaient été réparées d'une manière satisfaisante avec des plaques d'acier. Il n'était point possible de reconnaître pendant la marche que le support arrière de l'arbre de l'hélice était fortement usé. Nous sommes d'avis que la cause première de l'accident est l'usure anormale du coussinet de support arrière par suite de laquelle l'arbre de l'hélice de tribord s'était trouvé dénivelé de 17 *cm*, ce qui a amené une flexion de cet arbre changeant de sens à

chaque tour; cette circonstance a causé peu à peu la rupture complète de l'arbre, et les machines, n'ayant plus à vaincre aucune résistance, ont pris instantanément une énorme vitesse, suffisante probablement pour amener la rupture d'une pièce du mécanisme. Le piston se trouvant libre a choqué et brisé le fond du cylindre en se brisant lui-même et amenant la rupture du cylindre, d'où celle du condenseur et des autres parties en un laps de temps extrêmement court.

» L'usure du coussinet arrière est un fait anormal et tout à fait exceptionnel. Quand il se présente, on peut généralement l'attribuer à deux causes, soit à la rupture du manchon en bronze de l'arbre, soit à la présence de matières étrangères, sable ou autres, dans le coussinet. Ce sont des cas qui peuvent se présenter sur tous les navires et aucune précaution ne peut les prévenir. La cause de l'introduction de l'eau dans les compartiments des machines a été la rupture du condenseur qui a amené la communication avec la mer et laissé passer des torrents d'eau avant qu'on eût pu fermer les obturateurs, lesquels ont été noyés et sont devenus inaccessibles. L'eau a envahi le compartiment de l'autre machine par la cloison longitudinale perforée par les débris du mécanisme, et les compartiments 11 et 12 par une avarie sérieuse à la soupape qui fait communiquer la chambre de la machine avec ces compartiments.

» Il est facile de comprendre qu'en présence des témoignages unanimes donnés par les autorités les plus éminentes du *Board of Trade* et du *Lloyd* et les nombreux témoins qui ont été entendus au cours de l'enquête relativement à la complète adaptation du paquebot au service auquel il était destiné, la Cour ne se trouve guère en situation de présenter des observations ou de suggérer des conseils sur les divers points qui ont été passés en revue. Nous ferons observer que l'enquête a fait acquérir la certitude que, même si un autre compartiment avait été noyé en plus de ceux qui l'ont été, il serait encore resté assez de déplacement pour que le navire fût resté à flot. Le tirant d'eau en arrivant à Queenstown n'excédait que de 20 à 22 *cm* celui qu'avait le paquebot à son départ de New-York; nous sommes donc d'avis que, par l'épreuve exceptionnellement sévère qu'il a eu à subir, ce navire a prouvé qu'il était un des plus sûrs de la marine marchande.

» La Cour considère comme méritant d'attirer l'attention des constructeurs de navires et de machines marines, mais sans que cela puisse être considéré comme impliquant en quoi que ce soit une opinion défavorable relativement au *City of Paris*, l'installation de modérateurs pouvant prévenir l'emportement de la machine en cas de rupture d'une pièce du mécanisme, la convenance d'isoler autant que possible chaque compartiment par rapport aux voisins, et enfin les perfectionnements au mode de construction des supports extérieurs des longs arbres d'hélice. La Cour rend justice à l'admirable conduite du personnel du bord à laquelle sont dus dans une large mesure le calme et la confiance gardés par les passagers dans cette circonstance critique, et elle signale enfin l'utile concours qu'elle a trouvé, au cours de l'enquête, auprès de toutes les personnes auxquelles elle a dû s'adresser pour arriver à s'éclairer sur les questions qui lui étaient soumises. »

On voit par ce qui précède que l'explication qui résulte du jugement de la Cour d'enquête est précisément celle qui avait été donnée tout d'abord. L'enquête n'a donc rien révélé de nouveau et il parait en être résulté un certain désappointement en Angleterre. Les journaux techniques trouvent en général qu'on eût pu en espérer davantage. Il semble que la Cour se soit bornée à répondre aux questions qui lui ont été posées par le *Board of Trade* à délivre un *satisfecit* général et ne se soit pas souciée de s'aventurer sur un terrain assez délicat. On n'a point renoncé du reste à présenter d'autres explications plus ou moins satisfaisantes ; nous signalerons seulement celle du professeur Greenhill développée dans un article de *l'Engineer* du 27 juin dernier. Cette explication donnerait pour cause à l'accident la chute supposée dans la fosse à manivelles du grand cylindre, d'un objet quelconque qui, arrêtant brusquement la rotation, aurait amené à la fois le bris de l'arbre par la puissance vive de celui-ci et de l'hélice, et la rupture du piston et du cylindre. Le seul témoignage, sur lequel soit basée cette hypothèse, est la présence d'une forte entaille sur le coude correspondant de l'arbre : cela n'expliquerait pas l'usure anormale du coussinet arrière et on ne comprend guère qu'un arrêt brusque, capable de réduire en pièces le grand cylindre, eût laissé intactes la machine intermédiaire et la machine à haute pression. On pourra présenter toutes les explications possibles ; il est bien probable qu'on ne saura jamais rien de plus sur l'affaire.

Les gisements de nitrates au Chili. — On sait quelle importance ont les gisements de nitrates au Chili et au Pérou. La province de Tarapaca, cédée par le second de ces États au premier à la suite de la guerre de 1881 comme indemnité, est le centre de ces dépôts ; il a été stipulé que, au bout de dix ans, cette province pourrait être rachetée au prix de 50 millions de francs. Mais il est probable qu'en présence d'une telle condition, elle restera définitivement en possession du Chili, d'autant plus que l'accroissement actuel de la population s'y fait uniquement par provenance de ce pays.

La province d'Antofagasta qui est limitrophe de la précédente au sud, est également riche en nitrates. Le terrain géologique qui renferme cette matière s'étend sur 420 *km* de longueur, mais n'a guère en moyenne plus de 3 à 4 de largeur ; il occupe le versant oriental d'une chaine de montagnes arides où il ne pleut jamais et où il n'existe aucune végétation. Le distance moyenne de la côte est de 20 à 25 *km*.

Les premières tentatives pour l'exploitation des gisements de nitrates remontent à 1813 ; les Espagnols exportaient à cette époque une vingtaine de mille quintaux de cette matière. Mais la guerre de l'indépendance arrêta le développement de cette exploitation qui ne fut reprise que vers 1850, où George Smith et José Sander fondèrent la Compagnie des nitrates de Tarapaca à Iquique, sur une échelle très modeste. Son succès encouragea l'établissement d'autres Compagnies et, en 1875, le commerce des nitrates avait acquis assez d'importance pour que l'attention du gouvernement péruvien eût été appelée sur lui comme pouvant constituer une source très importante de revenus pour le pays. Cette année

même fut faite une loi permettant l'acquisition par l'Etat des dépôts de nitrates et des usines de raffinage par la voie commode de l'expropriation et les propriétés de plus de soixante Sociétés ou particuliers entrèrent de cette manière en possession du gouvernement péruvien, le payement étant effectué par des bons qui devaient être échangés contre des traites sur Londres tirées contre les chargements de nitrate.

La guerre avec le Chili éclata avant que rien eût été encore payé, et comme le Pérou était entré en possession des mines, le Chili les prit comme possession nationale péruvienne. A la fin de la guerre, le montant des bons dont il vient d'être question se montait en principal et en intérêts à 120 millions de francs. Le Chili, par la manière dont il était devenu propriétaire, était moralement obligé de satisfaire aux engagements pris par le Pérou ou de restituer les mines aux précédents possesseurs.

Après quelques années passées dans des tentatives infructueuses d'exploitation, le Chili adopta le second parti et en juillet 1881 décida de rendre les mines, à la condition que les trois quarts des bons émis par le gouvernement péruvien seraient remis aux autorités chiliennes, avec dépôt en argent pour les bons manquants.

Une impulsion immédiate et énergique fut dès lors donnée à la production et il se constitua à Londres de puissantes Sociétés pour l'exploitation des nitrates. D'énormes fortunes furent réalisées, et ce fait s'explique facilement si on considère qu'une grande partie des bons émis par le Pérou furent rachetés à vil prix aux anciens propriétaires des mines, par des personnes informées confidentiellement de l'intention du Chili de restituer les gisements. En quelques années il s'établit à Londres huit Sociétés dont le capital représente collectivement 140 millions de francs. Aujourd'hui ces Sociétés voudraient restreindre la production pour maintenir les prix élevés, mais il en résulterait une diminution des droits d'exportation que le Chili a intérêt à prévenir.

L'existence à ciel ouvert de dépôts énormes d'une matière aussi déliquescente que le nitrate de soude ne peut s'expliquer que par la sécheresse absolue de la contrée où se trouvent ces dépôts, laquelle constitue un véritable désert, excepté au bord des quelques faibles cours d'eau qui, provenant de la fonte des neiges sur les montagnes, le traversent en se dirigeant vers le Pacifique.

L'examen des gisements de nitrates fait voir que, règle générale, la surface, sur une épaisseur de 0,20 *m* à 0,25 *m*, est formée de sable fin; sous ce sable se trouve une agglomération constituée par du porphyre amorphe, du feldspath, du chlorure de sodium, de la magnésie, du gypse etc., cimentés par du sulfate de chaux et formant une masse dure et compacte sur 2 à 3 *m* d'épaisseur. Cette croûte s'appelle *costra*. Au-dessous se trouve la *caleche* ou nitrate impur qui a des couleurs très variées. Cette première couche de nitrate a la consistance d'une roche; elle a 1,20 *m* à 1,80 *m* d'épaisseur et est extraite à la poudre et non à la dynamite qui la briserait en trop petits fragments.

La *calèche* une fois extraite, est triée, puis cassée en morceaux de deux fois le volume d'une orange et transportée aux usines de raffinage situées sur le bord de la mer, ou bien elle est conduite à Iquique,

Pisaqua, Potillos ou Antofagasta par des chemins de fer à voie étroite.

On emploie comme combustible du charbon bitumineux amené par mer et provenant des mines du Chili méridional.

On n'a que de l'eau obtenue par distillation d'eau de mer ou amenée par bateaux d'Arica et d'autres ports de la côte septentrionale. On n'a jamais essayé de forer des puits artésiens, bien que le peu d'éloignement des montagnes couvertes de neige rende probable le succès de recherches de ce genre.

M. Georges Smith, l'un des fondateurs du commerce des nitrates, estimait à 63 millions de tonnes l'importance des dépôts, tandis que M. Billinghurst, dans une brochure publiée sur ce sujet, la portait à 178 millions de tonnes, soit près du triple du chiffre précédent. Une moyenne entre les deux donnerait une quantité susceptible de fournir des nitrates au monde entier, avec la consommation actuelle, pendant un grand nombre de siècles.

L'exportation du nitrate de soude des cinq ports du Chili, en majeure partie de celui d'Iquique, pendant les dix années finissant le 31 décembre 1888, s'élevait à 4 574 440 tonnes anglaises d'une valeur de 1 157 millions de francs. Les droits payés pour l'exportation, à raison de 5 *f* par 100 *kg*, ont été de 230 millions de francs en nombre rond. Les droits ont été, en 1888, de 85 millions, et on prévoyait pour 1889 un chiffre de 95 millions.

Dans le total exporté en 1888, l'Allemagne figure pour 284 000 *t*, la Hollande pour 33 400, la Belgique pour 84 800, la France pour 156 500 et la Grande-Bretagne pour 104 800. Le prix sur le marché anglais est actuellement de 9,10 à 10 livres la *t*, soit 237,50 à 250 *f* la tonne anglaise. On emploie principalement en Europe le nitrate du Chili comme matière fertilisante pour l'agriculture ; toutefois, un tiers environ est employé à la fabrication de l'acide nitrique, de la nitroglycérine, de la dynamite, de la poudre, etc. Les États-Unis ne figurent pas au nombre des pays qui importent des nitrates du Chili, bien qu'ils pussent y trouver un avantage sérieux au point de vue agricole et industriel. Les renseignements qui précèdent sont extraits d'un rapport de M. John G. Walker, consul général des États-Unis, dont nous trouvons le résumé dans l'*Engineering News*.

Pont sur le Saint-Laurent à Montréal. — Nous avons dit quelques mots dans la chronique de mai 1889, page 873,d'un pont projeté sur le Saint-Laurent à Québec. Voici quelques détails sur un autre ouvrage d'art qui sera également d'une importance exceptionnelle et qui paraît devoir entrer bientôt dans la période d'exécution.

C'est un pont sur le Saint-Laurent à Montréal. Ce pont partirait d'un point de la rive méridionale du fleuve situé près de la ville de Longueuil et à 3,500 *km* du célèbre pont Victoria.

De la rive à l'île appelée Ile Rond, la distance est de 1 220 *m* ; la profondeur d'eau est faible ; en été il n'y a guère plus de 0,60 à 1,20 *m* sur les trois quarts de cette distance, et de 1,50 à 2,40 *m* sur le reste. Le fond est partout de la roche.

L'île dont nous venons de parler a 330 *m* de largeur et est également

de nature rocheuse; le grand bras du fleuve situé entre l'île et les *wharx* du côté de Montréal, a une profondeur d'eau de 6 à 9 *m*; le fond de roche va en s'inclinant graduellement depuis l'île jusqu'à la rive septentrionale où il est recouvert de 9 *m* de sable et d'argile, sous une hauteur d'eau de 3 *m*. On voit que les fondations ne présentent aucune difficulté sérieuse et qu'on se trouvera à ce point de vue dans les conditions les plus favorables.

De la rive de Longueuil à l'île, le projet comporte des travées de 61,50 *m*; il y en aurait vingt-deux. Dans le bras du côté de Montréal il y en aurait dix semblables et une travée de 396,50 *m* avec deux *cantilevers* dont les travées d'équilibre auraient 152,50 *m*: cela ferait une longueur totale de 2 574 *m*.

La grande travée présenterait sur 240 *m* une hauteur libre entre l'eau et le bas des poutres de 51,85 *m*, soit 10,70 *m* de plus qu'au pont de Brooklyn et 6,10 *m* de plus qu'au pont du Forth.

Le pont serait établi pour recevoir deux voies de chemins de fer, deux voies charretières et deux trottoirs pour les piétons. On établirait une gare centrale dans la ville de Montréal, mais l'emplacement n'est pas encore adopté. Cette gare serait reliée au pont par une ligne aérienne traversant les ilots de maisons sans emprunter de voie existante et ne gênant par conséquent en rien la circulation actuelle qui est très active.

Le pont sera établi avec doubles pentes, pour pouvoir atteindre la hauteur nécessaire sous la travée centrale. Du côté sud, cette inclinaison sera de 20 millièmes et du côté nord de 25. Les plans ont été proposés par la « Canadian Bridge and Iron Company », de Montréal.

Actuellement, il n'existe pas de pont-route sur le Saint-Laurent, et la nécessité d'un ouvrage de ce genre se fait durement sentir chaque hiver à Montréal, car, pendant près de trois mois, il est impossible de faire traverser le fleuve à un véhicule, et comme tous les produits agricoles, fourrages, etc., viennent du côté méridional, cette suspension dans les approvisionnements est très préjudiciable. En été, il y a cinq lignes de ferry-boats partant de divers points sur les deux rives, mais ce mode de communication est lent et dispendieux.

Le pont Victoria appartient au Grand Trunk Ry; c'est le seul moyen d'accès par chemin de fer à Montréal du côté sud, et cette condition donne à cette Compagnie un monopole effectif pour les transports. Deux lignes de chemins de fer, le Great Eastern et le Montreal Portland and Boston, ont leur terminus à Longueil et d'autres lignes se proposent d'y accéder dès que le pont sera fait, de sorte que les communications par chemins de fer sont appelées à prendre une grande extension, car, du côté de Montréal, différentes lignes entrent actuellement dans la ville. Le coût complet du pont est estimé avec la gare à établir, à 25 millions de francs.

Puissantes machines à vapeur. — Les forges de Fall River, aux États-Unis, possèdent une machine Corliss à triple expansion, qui se compose de deux machines tandem à trois cylindres, bout à bout, placées horizontalement aux deux extrémités de l'arbre du volant. Cette machine est calculée pour développer 1 300 chevaux à 65 tours et 10,5 *kg* de pression à la chaudière.

Les cylindres ont respectivement 0,419, — 0,711 et 1,067 de diamètre avec course commune de 1,525. Les rapports de volumes sont donc de 2,88 entre le cylindre intermédiaire et le cylindre à haute pression, et de 2,25 entre le cylindre à basse pression et le cylindre intermédiaire, ce qui donne un rapport total de 6,48.

La poulie volant a 8,54 *m* de diamètre et 3,66 *m* de largeur de jante; elle porte quatre courroies, dont deux ont 0,80, une 0,65 et une 0,40 *m* de largeur. Cette poulie pèse finie 44 000 *kg*.

Les cylindres sont à enveloppes de vapeur et sont recouverts de tôle au lieu de la garniture en bois habituelle aux machines Corliss. Les cylindres sont munis de purgeurs automatiques pour l'extraction de la vapeur condensée. Cette machine est en marche continue depuis le 15 octobre 1889, elle développe parfois jusqu'à 1 400 chevaux.

Le *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure* décrit dans un de ses derniers numéros une machine, également à distribution Corliss et de puissance à peu près semblable à la précédente, installée dans la station centrale de la Société d'éclairage électrique de Berlin.

Cette machine du système compound à pilon a été construite par la Société anonyme des anciens ateliers Van den Kerchove, à Gand. Les deux cylindres sont l'un à côté de l'autre, portés sur des bâtis à fourche, du type de marine et commandent un arbre à deux coudes, dont les extrémités actionnent chacune une machine dynamo de Siemens et Halske.

Les dimensions principales de cet appareil sont les suivantes :

Diamètre du cylindre à basse pression	1,320
— — à haute pression. . . .	0,736
Course des pistons.	1,447
Diamètre de l'arbre coudé aux portées	0,343
Diamètre des boutons de manivelles.	0,305
Longueur — —	0,292
Diamètre des tiges de pistons	0,140

L'arbre en six morceaux a une longueur totale de 11 *m*. Il n'y a pas de volant proprement dit, mais seulement deux plateaux dont l'un porte une denture engrenant avec un pignon actionné par une petite machine à vapeur, pour pouvoir tourner à froid la machine ou les dynamos. Les glissières sont simples; les pompes à air, au nombre de deux, sont actionnées par un balancier relié aux têtes de tiges de piston. La distribution est, comme nous l'avons dit, du type Corliss. Les cylindres sont à enveloppes, il n'y a pas de réchauffage de la vapeur entre les deux cylindres.

Avec une pression initiale de 7 *kg* sur le petit piston avec expansion totale de 14 volumes correspondant à une admission de 23 centièmes au premier cylindre et 75 tours par minute, la machine développe 1 000 chevaux mesurés à l'indicateur sur les pistons. Avec une plus grande admission, la puissance peut être portée à 1 500 chevaux.

Le commerce de la glace naturelle. — L'exploitation de la glace naturelle peut être considérée comme une industrie essentiellement américaine, car nulle part elle ne s'opère sur une échelle aussi

considérable qu'aux Etats-Unis où l'extraction et l'emmagasinage ont été étudiés avec le plus grand soin. Cette question a augmenté d'importance d'année en année; la production se chiffre aujourd'hui par millions de tonnes et représente un capital considérable, de même qu'elle occupe des milliers d'hommes et de chevaux pendant l'hiver où les travaux agricoles sont suspendus.

Le déchet de la glace par la fusion, l'évaporation et les pertes diverses est très considérable et constitue un facteur important, car bien que la matière ne coûte rien et que les frais d'extraction et de magasinage soient peu élevés, on ne peut en utiliser qu'une partie; le déchet doit être estimé de 50 à 65 p. 100 jusqu'au moment de la vente, autrement dit on ne doit compter comme livrable à la vente que de 35 à 50 p. 100 de la quantité récoltée.

La fabrication artificielle de la glace ne paraît pas avoir affecté sensiblement le commerce de la glace naturelle, là où celui-ci peut s'exercer dans de bonnes conditions.

Dans certaines années, il a été récolté jusqu'à 12 000 000 de *t* de glace aux États-Unis. Sur les côtes septentrionales des lacs et de leurs affluents, on recueille plus de 2 millions, autant à New-York, Brooklyn et Jersey City, la même quantité dans les États de la Nouvelle-Angleterre, 700 000 *t* à Philadelphie, 1 million à Boston et aux environs, et environ 2 millions dans les autres parties des États-Unis. La meilleure glace est celle qui est recueillie aux mois de décembre et janvier; plus tard, elle est neigeuse et moins dense. La glace qui a été conservée pendant deux ou trois saisons est considérée comme préférable pour l'exportation.

La glace est une des principales productions de l'État de Massachusetts. L'usage local y est très ancien, mais l'exportation n'a commencé que dans les premières années de ce siècle où un M. Tudor en envoya quelques chargements aux Indes Occidentales, dans les Etats du Sud, et même jusqu'à Calcutta. En 1826, l'exportation s'élevait seulement à 4 000 *t*, en 1836 à 12 000, en 1846, elle atteignait 69 000 et en 1856 146 000 *t*. Mais depuis, le chiffre maximum n'a jamais dépassé 69 000 *t* pour une année. Ce n'est que depuis 1850 que les procédés mécaniques pour le découpage, le transport et l'emmagasinage de la glace ainsi que pour le chargement à bord des navires, ont été introduits.

On estime qu'en Amérique le mouvement de fonds pour le commerce de la glace représente 200 millions de *f* et qu'un capital égal est placé dans cette industrie. Le commerce de New-York extrait la glace principalement de l'Hudson, entre Albany et Rockland Lake. C'est ce fleuve qui fournit la plus grande quantité de cette matière première non seulement aux États-Unis, mais dans le monde entier. La capacité totale des glacières qui existent sur les rives de l'Hudson dépasse 2 millions 1/4 de *t*; il y a des années où elles sont entièrement remplies et où on met encore en réserve 1 million de *t* pour la consommation de l'année. 12 000 hommes et enfants, 1 000 chevaux et 100 machines à vapeur sont employés à l'extraction et au magasinage pendant deux ou trois mois, de décembre à février. Le prix de revient par *t* peut être estimé à 5 *f*.

La consommation de la glace dans les grandes villes est d'environ

700 000 *t* à New-York, 100 000 à Boston, 40 000 à la Nouvelle-Orléans, 200 000 à Londres. On dit que Paris consomme pendant l'été 400 *t* par jour. Dans l'Amérique du Sud on a à bon marché la glace provenant des Cordillères. Dans le sud de l'Italie et en Sicile, on conserve la neige dans des cavités naturelles ou artificielles appropriées.

En Angleterre, on reçoit de la glace de Norwège et d'Amérique, mais la quantité est très variable. En 1888, le total importé s'est élevé à 283 750 *t*, presque tout de Norwège. Dans certaines années, ce chiffre a atteint 315 000 *t*. Les paquebots transatlantiques consomment beaucoup de glace, ils en prennent 8 à 9 *t* par voyage.

Les grands points d'exportation sont Boston et les ports de la Norvège; ces derniers fournissent l'Angleterre à meilleur marché que l'Amérique. La Norvége exporte en moyenne par an 250 000 *t* valant 1 250 000 *f*. En 1884, le total s'est élevé à 490 000 *t*.

Les propriétés préservatrices de la glace lui créent un grand débouché. Le commerce de la viande et du poisson serait impossible pendant les chaleurs sans le secours de cette matière. L'emploi de réfrigérants et de chambres froides permet d'amener de la Plata et d'Australie d'énormes quantités de viande fraîche. L'année dernière, l'importation de ces viandes en Angleterre a atteint le chiffre de 61 350 *t*.

Comme agent thérapeutique dans les régions tropicales, la glace a une valeur inestimable, surtout dans les cas de fièvres diverses. Regardée autrefois comme une denrée de luxe, cette matière est aujourd'hui considérée comme une chose de première nécessité pour la santé et le confortable.

Après les Etats-Unis, c'est la Russie qui consomme le plus de glace. Dans toutes les villes on vend en été de la glace dans les rues, mais le vin, la bière et même le thé glacé se consomment par quantités énormes. L'été très court, mais extrêmement chaud, ne permettrait pas la vente des denrées alimentaires si l'hiver n'y avait pourvu en fournissant en abondance un agent de conservation. On dit que rien qu'à Saint-Pétersbourg, il y a plus de 10 000 glacières.

La glace est un objet de grande consommation dans les pays très chauds. A Bombay, il y a cinq Compagnies pour la fabrication et la vente de la glace artificielle. Dans diverses parties de l'Inde, lorsque la température s'abaisse suffisamment pendant la nuit, on peut obtenir de la glace en plaçant dehors, convenablement disposés, des vases en terre contenant de l'eau.

A Nagata, au Japon, des milliers de gens gagnent leur vie à vendre en été de la neige et de la glace. On conserve la neige dans des fosses pratiquées dans le sable des bords de la mer et qu'on remplit à la fin de l'hiver. Cette neige peut se conserver ainsi pendant deux ans.

En Amérique, certaines industries exigent d'énormes quantités de glace et il y a des usines où on en a en magasin jusqu'à 1 000 *t* à la fois. Ainsi l'abatage des porcs en consomme beaucoup. Or, dans l'Etat de New-York seul, il n'y a pas moins de 200 maisons qui se livrent aux opérations du salage du porc et dont chacune emploie de 500 à 1 000 *t* de glace par an. Le commerce du beurre et celui des fruits consomment également, quelle que soit l'échelle sur laquelle ils sont exercés, des quantités de glace importantes pour la conservation de ces denrées.

Ces renseignements sont extraits du *Journal of the Society of Arts*.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

MAI 1890.

Rapport de M. SCHLEMMER sur les **Procédés employés par la Compagnie de Fives-Lille pour le montage des charpentes métalliques du palais des Machines à l'Exposition universelle de 1889.**

Le rapport décrit, avec les figures nécessaires pour la clarté, les remarquables procédés employés par la Compagnie de Fives-Lille pour la mise en place des fermes pesant environ 200 *t* chacune dans la galerie des Machines. Nous n'avons pas besoin d'insister sur cette description, ces procédés ainsi que ceux employés pour une autre partie des fermes de la même galerie ayant été exposés à la Société par notre Président actuel M. Contamin dans sa séance du 20 avril 1888.

Rapport de M. EUGÈNE PLON sur le **Traité de Lithographie,** de M. LORILLEUX.

Ce traité comprend l'exposé complet de ce procédé d'impression qui, s'il n'est pas d'origine française, a néanmoins pris en France un développement tout a fait remarquable.

La première partie de l'ouvrage est consacrée à l'ancienne lithographie, la seconde à la lithographie moderne et notamment la chromolithographie, la zincographie, et les applications de la lithographie à la tabletterie, la verrerie et la céramique.

La troisième partie comprend la photographie et ses applications variées, et enfin la dernière partie est consacrée à la description et au mode d'emploi des diverses machines dont se servent les imprimeurs lithographes.

Rapport de M. LECŒUVRE sur les **Enveloppes calorifiques en liège** de la **Société des lièges appliqués à l'industrie** et de M. BOURDON.

La première de ces maisons emploie le liège en bandes en forme de douves posés autour du tuyau à protéger et ficelées avec du fil de fer.

Dans la disposition de M. Bourdon, les bandes taillées en biseau à leurs extrémités, sont collées sur de la toile et enroulées en hélice sur les tuyaux.

M. Compère, directeur de l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur, a fait des essais sur un certain nombre de subs-

tances isolantes au moyen de deux tuyaux, l'un nu, l'autre protégé par la calorifuge à éprouver; ces tuyaux de **1** m^2 de surface recevaient de la vapeur et on recueillait l'eau condensée.

Le liège a donné une économie de 57,25 *f* par mètre carré et par an, pour trois cents jours à douze heures en supposant de la houille à 25 *f* la tonne, vaporisant 7 *kg* d'eau par kilogramme de combustible.

Au point de vue des avantages et de l'emploi en pratique, les deux systèmes paraissent devoir fournir les mêmes résultats.

Rapport de M. Édouard Simon sur **la peigneuse, le banc d'affinage** et **le système de laminage sous chapeau, pour coton,** de M. Joseph Imbs.

L'ensemble de ces appareils qu'il serait très difficile de faire comprendre sans figures, constitue un nouveau type de machines applicables au traitement des cotons Jumel, Louisiane et des Indes, avec des résultats qui font apprécier les échantillons présentés par le rapporteur au cours de sa communication.

Rapport de M. Chartier sur les **améliorations apportées à la culture des abeilles**, par M. Reverchon.

M. Reverchon, à la Bauche, près Chambéry, a établi une ruche perfectionnée qui présente des avantages sérieux en ce qu'elle se prête, suivant les nécessités, aux agrandissements et réductions; elle se prête également au transbordement des abeilles; elle permet de récolter le miel sans interrompre le travail, et on peut suivre celui-ci par des vasistas ménagés à cet effet.

L'intérêt de la question des ruches perfectionnées s'explique par ce fait que les produits de la culture des abeilles en France peuvent être évalués actuellement à 20 millions de francs par an et pourraient être portés au double si on venait à s'affranchir du tribut payé à l'étranger.

Présentation du 1er volume de l'ouvrage de M. A. Durand-Claye, intitulé « **Hydraulique agricole** », par M. Hirsch.

Expériences sur les coups de feu des chaudières à vapeur, par M. Hirsch. (Extrait des *Annales du Conservatoire des Arts et Métiers*.)

Nous avons donné un résumé de ce remarquable travail dans la chronique de juin 1889.

Note sur **le raffinose.** — (Extrait du *Dingler's Polytechnische Journal.)*

Le raffinose est une matière sucrée, appartenant à la famille des saccharoses, rencontrée d'abord en 1876 par M. Loiseau dans des mélasses de betteraves.

Fabrication du sucre en plaquettes.

Mesures prises par les Etats européens contre la saccharine de Fahlberg.

Dans presque tous les Etats de l'Europe l'importation et l'emploi de la saccharine sont interdits par des règlements plus ou moins sévères. On a calculé qu'en Angleterre, 12 *t* de saccharine remplaçant 3 500 *t* de sucre suffiraient pour pourvoir aux besoins de la brasserie anglaise, et, par l'accroissement de la consommation des bières légères au détriment de la production des bières fortes, causeraient au fisc un déficit de 25 millions de francs par an. Dans d'autres pays, on frappe la saccharine de droits élevés qui, en Belgique par exemple, vont à 140 *f* par kilogramme.

Microphone de Rommerhausen.

Relais microphonique de Pohlmann.

Congélation de l'eau dans les vases hermétiquement bouchés. — Le docteur Winstanley a constaté qu'on peut éviter le bris d'un vase par la congélation en donnant aux couches inférieures du liquide la faculté de se dilater, en perçant un petit orifice dans le fond et le faisant communiquer avec un tube recourbé vers le haut.

Chauffage des chaudières avec les huiles minérales, par Ig. Lew.

Les combustibles liquides qu'on peut employer pour le chauffage des chaudières sont : 1° le *naphte brut* qui n'est guère employé qu'au Caucase, où toutefois son usage n'est pas économique parce que cette matière est trop fluide; 2° les *résidus de la distillation du naphte* qui sont exclusivement employés comme combustible dans les raffineries de Bakou, sur les bateaux à vapeur de la mer Caspienne, du Volga, etc., et sur plusieurs lignes de chemins de fer; 3° l'*essence de schiste*, d'une consommation très limitée et 4° enfin les *goudrons* provenant de la distillation de la houille, et dont le prix de revient relativement élevé ne permet l'emploi que dans des cas exceptionnels.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Avril 1890.

Note sur la **résistance des arcs paraboliques surbaissés,** par M. Ed. Collignon, Ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Cette note a pour objet l'étude de la résistance d'une pièce courbe ayant pour ligne moyenne un arc de parabole surbaissé et posé sur deux appuis de niveau, étant défini par *arc surbaissé* un arc dont le rapport de la flèche à l'ouverture est moindre que $\frac{1}{4}$; dans ces conditions, la différence entre l'arc de parabole et l'arc de cercle est peu sensible.

La note examine successivement la détermination de la poussée horizontale de l'arc en fonction des charges qu'il porte, l'effet des charges uniformément réparties, l'effet des charges isolées, la détermination approximative du poids propre d'un arc parabolique surbaissé, et la détermination de la section de l'arc.

Note sur la **restauration des fondations du pont de Joigny** au moyen de maçonnerie exécutée dans l'eau, et de sacs de mortier de ciment, par M. Rossignol, Ingénieur des ponts et chaussées.

Le pont de Joigny, sur l'Yonne, a été construit vers le milieu du siècle dernier. On a il y a quelques années reconnu, à l'aide de scaphandres, des affouillements assez considérables dans quatre piles sur cinq.

Les maçonneries des piles reposent sur des pieux noyés dans du béton, mais ce béton ne parait pas avoir été coulé dans une enceinte ; on s'est contenté de draguer le gravier à l'emplacement des pilotis pour y couler le béton ; le courant a détruit peu à peu celui-ci dans les bords, et la maçonnerie s'est trouvée en porte-à-faux dans toute la portion affouillée.

On a pensé que le meilleur moyen à employer pour la réparation serait la reprise en sous-œuvre par un empatement en maçonnerie exécuté au scaphandre. On a procédé d'abord à un nettoyage aussi complet que possible de la partie affouillée en enlevant le gravier et la base et arrachant ou sciant les débris de bois qui restaient. On a bourré des sacs de mortier de ciment dans les parties les plus profondes de l'affouillement ; puis on a exécuté une maçonnerie en protégeant le travail contre le courant par des planches.

Le mortier était composé de parties égales de sable et de ciment. On a employé pour la réparation des quatre piles 4,25 m^3 de sacs et 56 m^3 de maçonnerie de moellons. La dépense est ressortie à 45,77 *f* par mètre cube de maçonnerie et 135 *f* par mètre cube de sacs de mortier.

L'emploi des sacs de mortier a été fait avec succès dans les fondations du viaduc de Gien, en construction actuellement pour le passage de la ligne de Bourges à Gien, où on avait à couler le béton dans des fouilles sillonnées de violents courants d'eau qui auraient délavé immédiatement le mortier si on l'eût coulé à la manière ordinaire. Le prix du mètre cube en place y est ressorti à 70 *f*.

Mai 1890

Note sur les **diverses qualités d'acier employées dans la fabrication des rails,** par M. Mussy, Ingénieur en chef des mines.

L'auteur passe d'abord en revue les mémoires de M. Dudley, Ingénieur américain, et de M. Gruner, inspecteur général des Mines, et reproduit l'opinion de M. Cazes sur les études de ces Ingénieurs. M. Cazes considère que l'analyse chimique ne tient pas compte des circonstances calorifiques dans lesquelles le métal a été produit, des conditions mécaniques, des élaborations du métal après coulée et que, par conséquent, elle est impuissante à donner la mesure réelle de la dureté de l'acier.

L'influence de la température de fusion sur la qualité du métal est certainement considérable ; les expériences de M. Couard, au chemin de

fer de Lyon, sur l'usure des rails d'acier la mettent en évidence. Les rails Martin sont inférieurs à ce point de vue aux rails Bessemer, et la température de fusion dans les fours Martin est moins élevée que celle des convertisseurs Bessemer et Thomas.

M. Cazes considère l'extrême dureté comme préférable pour les rails, contrairement à l'opinion de MM. Dudley et Grüner qui admettent, d'après l'expérience des Américains, que le métal doit être doux. Les Ingénieurs du P.-L.-M. pensent qu'il faut éviter les extrêmes et rester dans une moyenne plutôt légèrement dure que douce.

Il parait être généralement admis que l'acier pour rails doit être dépourvu de matières étrangères, et que, toute question de dureté à part, l'acier le plus pur est celui qui donne les meilleurs résultats, tant au point de vue des ruptures et accidents qu'à celui de la résistance à l'usure.

Quant au degré du dureté, il est difficile de rien dire d'absolu à ce sujet. Il dépend, avant tout, des circonstances de l'emploi.

Dans les pays à climat variable, on demandera moins de dureté que dans les contrées où le climat est plus constant, parce que la question de sécurité contre les accidents de la voie prime la question de l'usure.

Le criterium de la dureté du métal convenable pour les rails ne peut être donné que par des essais mécaniques qui reproduisent sur la barre d'essai des efforts aussi voisins que possible de ceux qu'elle doit supporter en service courant. Cette dureté ne saurait être spécifiée par la composition chimique des rails, car des aciers de même composition peuvent, sous forme de rails, présenter des propriétés physiques très dissemblables.

Les essais à la presse et au choc sont les seuls pouvant déterminer utilement les limites de dureté entre lesquelles on doit se tenir pour concilier toutes les exigences relatives à l'usure, à la résistance à l'écrasement, à la flexion et à la rupture. Les essais à la traction sont des plus utiles, à titre de renseignements, pour comparer les diverses nuances d'acier.

Note sur le **nouveau rail de tramways** employé sur les voies du chemin de fer nogentais, par M. Heude, Ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Les conditions à remplir par ce rail étaient :

1° De pouvoir s'éclisser facilement avec un rail Vignole, parce que la voie devait être établie, partie avec le nouveau rail, partie avec le Vignole.

2° Avec le rail jumelé sur une chaussée pavée, les boulons des coussinets ne doivent pas dépasser la verticale du boudin supérieur.

3° La joue du boudin et l'extrémité inférieure du patin doivent être sur une même verticale.

Le rail adopté pour satisfaire à ces conditions est un rail Vignole de 20 *kg* le mètre courant, à champignon dyssymétrique jumelé avec un autre semblable par coussinet élevé pour la voie sur traverses, et par un coussinet plus bas pour la voie sur béton.

Le prix de la voie sur traverses ressort à 64 *f* par mètre courant et celui de la voie sur béton à 71 *f*; le prix de la voie Vignole sur

traverses n'est que de 21 *f*; dans les deux premiers prix est compris le pavage. Ces chiffres se rapportent à un écartement de 1,50 *m* et à des voitures automobiles pesant 14 *t* en service.

Les ports d'Espagne. — Etude administrative et technique, par M. Eyriaud des Vergnes, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Cette note étudie d'abord la question du domaine public maritime, en Espagne, de son administration et des servitudes qui frappent les propriétés contiguës, puis celle de l'administration des ports, des ressources qui leur sont affectées et le mode d'exécution et d'entretien des ports.

En ce qui concerne l'administration proprement dite, les choses se passent à peu près comme en France. Le gouvernement s'est réservé absolument tout ce qui intéresse l'usage du domaine public et des ports; mais, au point de vue financier, le système diffère du système français en ce que les ports ne coûtent rien au budget général, leurs dépenses sont payées au moyen du produit de taxes locales. Il existe en Espagne une chose qui ne se présente pas en pratique en France, la concession de ports dont il y a un exemple à Passagès.

La note comprend divers annexes donnant les lois et règlements relatifs à la question des ports et de leur exploitation.

ANNALES DES MINES

1re livraison de 1890.

Note sur les **Rondelles Belleville** par M. Rateau, Ingénieur des Mines.

On sait que les rondelles Belleville sont des cônes en acier trempé, de hauteur très petite par rapport au diamètre de la base; deux rondelles de ce genre accolées par leur base, de manière à se présenter mutuellement leur concavité, forment un élément de ressort.

La note qui rappelle d'abord le travail présenté sur ce sujet à la Société des Ingénieurs civils, par notre collègue M. Jules Morandière, en 1866 (voir comptes rendus de la Société, 1866, pages 579 et 629), a pour objet de donner le mode de calcul qui a conduit l'auteur à la formule donnée par lui en 1887 *(Compte rendus de l'Académie des sciences*, 13 juin 1887). Ce calcul repose sur les deux hypothèses fondamentales suivantes:

1° Pendant la flexion d'une rondelle Belleville, sa méridienne reste constamment identique à ce qu'elle est primitivement sans charge.

2° On peut calculer les effets des fibres circulaires engendrées par les éléments de la méridienne tournant autour de l'axe de la rondelle, comme si elles étaient isolées les unes des autres.

La formule à laquelle on arrive par un chemin assez pénible est

$$A = [1 + (m - 1)\zeta - m\zeta^2]$$

dans laquelle A est la charge d'aplatissement complet, M un coefficient spécifique, un *module*, dont dépendent les propriétés des rondelles, et ζ le rapport $\frac{f}{f^0}$ de la flèche sous charge à la flèche initiale à l'état naturel. Le module n'est fonction que du rapport de la flèche initiale à l'épaisseur.

Dans les rondelles du commerce, le module est toujours inférieur à 1; si ce module est supérieur à 1, la rondelle s'aplatit brusquement et se retourne dès que la charge atteint le maximum qu'elle peut supporter, mais si le module est inférieur à 1, lorsqu'on supprime l'action de la force, la rondelle revient d'elle-même à sa forme initiale.

La vérification expérimentale indique que la formule suit assez bien les résultats de l'expérience, dans les limites où on fait travailler en pratique les rondelles du commerce. Ces résultats sont donnés dans plusieurs tableaux joints à la note.

Statistique de l'industrie minérale de la France. — Tableaux comparatifs de la production des combustibles minéraux, des fontes, fers et aciers en 1888 et en 1889.

Il a été extrait en 1889, 24 588 880 *t* de combustibles minéraux dont 24 139 406 de houille et anthracite et 449,474 de lignite; ce total est en augmentation de 1 985 986 *t* sur la production totale de 1888. Le chiffre le plus considérable est celui du Pas-de-Calais qui s'élève à 8 646 000 *t*, soit plus du tiers de la production totale. Après lui vient le Nord pour 4 800 000, et la Loire pour 3 378 000.

Il a été produit en 1889, 1 722 480 *t* de fonte, dont 1 708 328 de fonte au coke, 8 361 de fonte au bois et 5 791 de fonte mixte. Le total est en augmentation de 39 131 *t* sur le chiffre de 1888. L'augmentation porte exclusivement sur la fonte au coke, car pour la fonte au bois et la fonte mixte, il y a diminution de près d'un tiers.

Le département de Meurthe-et-Moselle produit à lui seul plus de la moitié de la fonte, 940 000 *t;* après lui vient, mais très loin, le Nord avec 217 000 *t*,

Pour le fer, le total de la production s'élève pour 1889 à 793 358 *t*, dont 628 746 de fer puddlé, 9 912 de fer affiné au charbon de bois, et 154 700 *t* de fer obtenu par le réchauffage des vieux fers et riblons. Le total est en diminution de 23 615 *t* sur 1888.

C'est le département du Nord qui produit le chiffre le plus fort 310 000 *t*, soit les 40 centièmes. La production du fer de riblons est en légère diminution, 154 700 *t* au lieu de 168 843 en 1888.

Le département de la Seine a produit en 1889 34 261 *t* contre 52 769 l'année précédente.

La production totale de l'acier a été, pour 1889, de 529 021 *t* contre 517 294 en 1888. La différence est peu sensible. Ce chiffre se décompose comme suit :

Acier fondu au foyer Bessemer	304 786
— — au four Siemens-Martin	183 100
— puddlé et de forge	16 159
— cémenté	1 581
— fondu au creuset	11 782
— obtenu par le réchauffage de vieil acier	11 013
Total	529 021

Les tôles entrent dans le total pour 88 723 *t* contre 85 172, en 1888; la différence est également peu sensible. Il a été fabriqué 145 347 *t* de rails en acier contre 173 058 en 1888, la réduction est assez importante. La fabrication des rails en fer a été insignifiante: 550 *t* contre 827 en 1888. Le département qui a produit la plus grande quantité d'acier est le Nord : 67 230 *t*, et après la Loire 64 728, et le Pas-de-Calais 50 321 et Saône-et-Loire 47 962. Meurthe-et-Moselle ne vient qu'en cinquième rang avec 44 703 *t*. Ces cinq départements produisent à peu près la moitié du total de la fabrication française.

Notes sur le **service du matériel et de la traction des chemins de fer de l'État belge**, par M. Mettrier, Ingénieur des Mines.

L'État belge exploite (fin de 1887) 3 173 *km* sur les 4 445 que compte la Belgique (chemins de fer vicinaux non compris). Le Mémoire, après avoir donné les renseignements généraux, examine en détail l'organisation du service de la traction qui offre comme particularité un faible parcours moyen des trains, 37,5 *km* en 1886, ce qui s'explique facilement par la constitution enchevêtrée du réseau, laquelle ne donne pas de grandes distances sans division entre des directions divergentes. L'activité de la circulation est plus considérable sur l'État belge que sur les réseaux français; ainsi, en prenant le mouvement général, voyageurs et marchandises ensemble, on trouve que le nombre des locomotives ayant parcouru chaque kilomètre pendant un mois est de 1 173 pour le réseau belge et de 643 pour le réseau P.-L.-M.; l'activité du premier serait donc de plus d'un tiers supérieure à celle du second, mais les trains sont beaucoup plus légers. Des renseignements circonstanciés sont donnés sur le service des mécaniciens et chauffeurs, la nature, la consommation et les essais des combustibles et des matières grasses, les effectifs et les parcours des locomotives, etc.

Des détails sont également donnés sur la construction des locomotives pour les parties les plus essentielles et qui offrent des particularités; ainsi les matériaux employés pour les chaudières, les détails de construction de celles-ci, les tubes à fumées, foyers, cylindres, mécanisme, bandages, etc., les essais mécaniques et chimiques des matériaux.

Les essais de résistance se font à l'arsenal de Malines au moyen d'une machine Kirkaldy de la force de 500 *t* qui paraît être la plus puissante qui existe sur le continent. Nous renverrons au sujet de cette question à la visite de nos collègues en Belgique (voir Bulletin d'octobre 1885).

Un chapitre est consacré aux dépenses du service du matériel et de la traction, avec la répartition des dépenses en 32 catégories divisées en sept grandes classes. M. Mettrier fait une comparaison intéressante entre l'État-Belge et les réseaux français. Le prix de revient du train kilomètre ressort à 84 centimes sur le premier, à 88,4 sur le Nord, 86,4 sur l'Est, et 97,8 sur le P.-L.-M. Cette comparaison serait donc très favorable à l'État-Belge, grâce à l'activité de sa circulation, si on pouvait affirmer que les trains sont comparables. Mais il n'en est rien, car la charge moyenne d'un train ne ressort qu'à 200 *t* sur le réseau belge, tandis qu'elle est de 245 sur le P.-L.-M. Si on décompose le chiffre total de la traction, on trouve que les dépenses de traction proprement dites sont relativement faibles en Belgique, 0,284, lesquelles multipliées par le rapport $\frac{245}{200}$ ne donneraient encore que 0,346 contre 0,525 au P.-L.-M., mais les dépenses complémentaires d'entretien et de réparation du matériel de traction et de transport sont relativement plus élevées que sur la ligne française, 0,192 corrigé contre 0,181 pour le matériel de traction et 0,270 corrigé contre 0,206 pour le matériel de transport.

L'économie signalée sur la traction proprement dite tient essentiellement aux matières consommées, notamment au combustible; en effet la dépense du chef de ce dernier par 1 000 *t* kilomètres bruts ressort pour l'État-Belge à 0,416 contre 1,263 pour le P.-L.-M., rapport 1 à 3 sensiblement.

On a introduit en 1888 une innovation intéressante; chaque locomotive a été pourvue d'un carnet relatant tous les faits de son histoire. Ce carnet reçoit chaque année ou à chaque changement de dépôt les kilomètres parcourus, les matières dépensées, les réparations effectuées, les particularités reconnues dans les visites faites, les avaries, accidents, et enfin faits quelconques concernant la machine.

Le dernier chapitre est consacré aux chaudières des nouvelles machines à marchandises pour fortes rampes. La question était la suivante. Les machines du type 29 remorquent, sur les rampes de 12 à 16 millièmes qui entrent pour 30 0/0 dans le développement total des lignes du Luxembourg, une charge de 225 *t* à la vitesse de 15 *km* à l'heure. Pour obtenir une vitesse supérieure, on a modifié complètement la chaudière et constitué le type 25. La surface de la grille a été doublée et portée à plus de 5 m^2, la section de passage des tubes augmentée de 11 0/0, la surface de chauffe directe n'a été augmentée que de 3 0/0 mais la surface tubulaire de 11.

Les essais comparatifs des deux types 29 et 25 ont été faits en 1885 sur la ligne de Namur à Asserre qui, longue de 18 *km*, contient deux rampes de 16 millièmes présentant ensemble un développement de 11 500 *m*. On a obtenu pour le nouveau type une vaporisation relative au combustible un peu supérieure, 6,59 contre 6,47, et une production moyenne de vapeur sur les rampes plus grande par m^2, 77,2 au lieu de 63,1, mais c'est surtout la vaporisation extrême qui se trouve augmentée; en effet, la vaporisation par m^2 et par heure pour le trajet le plus rapide a été de 90,5 contre 69,8.

Sur la rampe de 16 millièmes, la machine type 25 développe

680 chevaux en dépensant 1 318 *kg* de charbon, soit 256 *kg* par m^2 de grille ; le maximum de consommation pour le trajet le plus rapide étant de 306 *kg* par m^2 de grille, cela fait $\frac{1\,318}{680} = 1{,}94$ *kg* de combustible par cheval.

Avec le type 29, la puissance moyenne a été de 525 seulement, avec une consommation à l'heure de 1 046 *kg*, soit 360 *kg* par m^2 de grille, le maximum de consommation pour le trajet le plus rapide ayant été de 398 *kg* par m^2. La consommation par cheval ressort ainsi à 2 *kg*, chiffre très peu différent de celui obtenu précédemment. La vitesse maxima sur les rampes a été de 33 *km* à l'heure pour le type 25, au lieu de 27.

La commission chargée des essais a conclu, en admettant pour le nouveau type une économie de 51 0/00 en charbon, une augmentation de 94 0/00 dans la production de vapeur par m^2 pour le trajet complet, et une augmentation de 22 0/00 dans la production de vapeur par m^2 sur rampe, avec une combustion moindre par m^2 de grille et un tirage moindre. L'administration des chemins de fer de l'Etat-Belge procède en ce moment à des essais analogues sur les chaudières des machines express pour fortes rampes.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 27. — *5 juillet 1890.*

Machine compound avec distributions combinées, par le D[r] R. Proell.

Les locomotives à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par B. Salomon *(suite)*.

Etude d'un réseau de canalisation, par Ph. Forchheimer.

La voie du chemin de fer du Midland, en Angleterre.

Groupe de Hanovre. — Éclairage électrique des villes.

Patentes.

N° 28. — *12 juillet 1890.*

Nouveaux ascenseurs pour personnes et marchandises, par Ad. Ernst.

Machine à vapeur et dynamos de 1 000 chevaux de la station centrale de la Société d'éclairage électrique de Berlin.

Machine compound avec distributions combinées, par le D[r] R. Proell *(fin)*.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Etat actuel de la fabrication de l'acier par les procédés basiques.

Groupe de Hanovre. — Les sources et leur captage. — Scies pour pierres dures. — Progrès de l'industrie textile. — L'électricité.

Patentes.

Variétés. — Réunion générale de la Société des Ingénieurs et Architectes allemands. — Wagons à marchandises de grande capacité.

N° 29. — *19 juillet 1890.*

Nouveaux ascenseurs pour personnes et marchandises, par Ad. Ernst *(fin).*

Développement technique des Compagnies de navigation « Lloyd de l'Allemagne du Nord » et « Hambourgeoise-Américaine », par R. Haack et C. Busley *(suite).*

Lois de la résistance des pièces métalliques soumises à la fois à la compression et à la flexion, par Fr. Engessen.

Les machines de l'industrie textile à l'Exposition universelle de 1889, à Paris, par G. Rohn *(suite).*

Procédé de tannage par l'électricité, de Worms et Balé.

Groupe de Berlin. — État actuel de la fabrication du verre à bouteilles. — Procédé de laminage des tubes de Mannesmann.

Patentes.

Bibliographie.— Leçons de mécanique théorique, par le Dr F. Grashoff.

N° 30. — *26 juillet 1890.*

Développement technique des Compagnies de navigation « Lloyd de l'Allemagne du Nord » et « Hambourgeoise-Américaine », par R. Haack et C. Busley *(suite).*

Instruction pour la réduction des descriptions et des dessins pour les demandes de patentes d'invention, par W. Stercke.

Contrôleur d'aérage pour les mines, par le Dr O. Oelger.

Groupe de Wurtemberg. — Instalation de ventilation mécanique dans les entrepôts municipaux de Stuttgart.

Patentes.

Pour la Chronique et les Comptes rendus,

A. Mallet.

IMPRIMERIE CHAIX. — RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 16694-7-90.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

AOUT 1890

N° 8

Sommaires des questions traitées dans le mois d'août 1890:

1° Décès de M. P. Barbe (Séance du 1er août, page 196).

2° Dons de bons provenant de l'emprunt de 75 000 *f* (Séance du 1er août, page 196).

3° Don de 5 000 *f* fait par Mme veuve Couvreux (Séance du 1er août, page 197).

4° Lettres de remerciement des membres honoraires (Séance du 1er août, page 197).

5° Lettres de MM. Corthell et Weston (Séance du 1er août, page 197).

6° Séchage de la vapeur (Lettre sur le), de M. N. Raffard (Séance du 1er août, page 197).

7° Vapeur détendue, les locomotives compound et le meilleur emploi de la vapeur (Lettres sur la), de MM. L. Francq, H. Chapman et A. Mallet (Séance du 1er août, page 198).

8° Hautes pressions de vapeur dans les machines compound, par M. A. Lencauchez (Séance du 1er août, page 200).

Pendant le mois d'août 1890, la Société a reçu :

31705 — De M. le Président de l'Exposition collective de l'industrie du gaz. *Exposition collective de l'industrie du gaz à l'Exposition universelle de 1889.* Grand in-f° de 26 p. Paris, Glucq. 1890.

31706 — De M. E. Trélat (M. de la S.). *Contribution de l'architecte à la*

salubrité des maisons et des villes. Conférence faite au Palais du Trocadéro. In-8° de 20 p. Paris, Librairies réunies, 1890.

31708 — De M. P. Dreyfus. *Le Bill Mac Kinley sur l'administration des douanes aux Etats-Unis*. In-18 de 47 p. Paris, Bureaux de l'Exportation française, 1890.

31709 — De M. J. Pillet (M. de la S.). *Traité de géométrie descriptive*. Grand in-4° de 272 p., 1887.

31710 — Du même. *Traité de perspective linéaire*. Grand in-4° de 198 p., 1888.

31711 — Du même. *Traité de stéréotomie*. Grand in-4° de 167 p., 1887. Paris et Leipzig, Ch. Delagrave et H. Lesoudier.

31712 — Du même. *École spéciale d'architecture. Cours de stabilité des constructions*. Grand in-4° de 251 p. avec pl. autog. Paris, 1888-89.

31713 — De M. P. Sandberg (M. de la S.). *On steel rails considered chemically and mechanically*. In-8° de 27 p. London, 1890.

31714 — Du même. *Notes sur les rails en acier*. Grand in-8° de 22 p. Bruxelles, O. Weissenbruck, 1890.

31715 — Du Comité international des Poids et Mesures. *Travaux et Mémoires du Bureau international des Poids et Mesures*. In-4° de 132 p, avec annexes, tome VII. Paris, Gauthier-Villars, 1890.

31716 — De M. J. de Coëne (M. de la S.). *Étude sur les expériences de M. Vernon-Harcourt et le Congrès maritime à l'Exposition, à propos des projets d'amélioration du port du Havre et des passes de la Seine*. Grand in-8° de 39 p. avec pl. Rouen, E. Deshayes, 1890.

31717 — De M. le Ministre de l'instruction publique et des beaux-arts. *Société académique d'agriculture des arts, sciences et belles-lettres du département de l'Aube. Mémoires, tome XXVI, 3e série*. Grand in-8° de 508 p. Troyes, Dufour-Bouquet, 1889.

31718 — De M. F. Paponot (M. de la S.). *Le Canal de Panama. Étude rétrospective historique et technique*. Grand in-8° de 66 p. Paris, Baudry, 1890.

31719 — De M. Alphand (M. de la S.). *Travaux de pavage en bois en régie. Compte rendu des opérations, par Laurent*. In-4° de 195 p. Paris, Imprimerie Nouvelle, 1888.

31720 — Du même. *Notes sur l'entretien des voies publiques de Paris, par Allard*. In-4° de 438 p. Paris, Imprimerie Nouvelle, 1889.

31721 — Du même. *Notes de l'Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Directeur des Travaux de Paris, à l'appui du projet de budget de l'exercice 1890*. In-4° de 654 p. Paris, Chaix, 1889.

31722 — De M. R. Rogers. *Catalogue illustré des machines automatiques Westinghouse*. In-18 de 40 p. Paris, Ch. Blot.

31723 — Du même. *Catalogue illustré des machines automatiques Westinghouse compound*. In-8° de 51 p. New-York. Bartlett and C°. 1889.

31724 — Du même. *Pompes Westinghouse hydrauliques à faire le vide et à comprimer l'air*. Petit in-8° de 15 p. Paris. H. Alexandre et Cie, 1888.

31725 — De M. H. Chapman (M. de la S.). *Strikes and lock-outs by N. F. Robarts.* Petit in-8° de 20 p. London, Wittingham and C°, 1890.

31726 à 31730 — De M. A. Mallet (M. de la S.). *Conditions de travail et utilisations des divers systèmes de machines marines*, par B. Normand et A. Mallet. 5 dessins autogr. demi-grand-aigle. Paris, Broise et Courtier.

MÉMOIRES ET MANUSCRITS

2063 — De M. Revin, *Projet de plan incliné pour l'achèvement du Canal de Panama.*

2065 — De M. G. Leroux (M. de la S.), *Note sur le foyer système Cohen.*

2067 — De M. A. Macler (M. de la S.), *Viaduc de huit arches de 12 m d'ouverture sur l'Oued-Ganzia. Ligne de Duvivier à Souk-Ahras.*

2068 — De M. Delaurier, *Nouvelles applications de la chimie à l'extraction des métaux.*

2069 — De M. C. Mullet (M. de la S.), *Notes sur le Canal d'irrigation de Pierrelatte* (avec grande planche, types d'ouvrages).

2073 — De M. Delaurier, *Nouveaux procédés lumineux pour empêcher les abordages des navires en mer.*

2075 — De M. Duvillard (M. de la S.), *Alimentation et assainissement de Paris. — Prise d'eau dans le lac de Genève* (Projet, texte et plan, profil en long).

2077 — De M. Ghersevanof (M. de la S.), *Canaux d'irrigation du Caucase.*

2078 — De M. Dujardin-Beaumetz (M. de la S.), *Matériel de l'exploitation des mines à l'Exposition de 1889* (Rapport de la commission).

2079 — De M. Lencauchez (M. de la S.), *Note en réponse à la communication de M. Mallet.*

2081 — De M. Thareau (M. de la S.), *Des moyens de prévenir l'emballement des machines à vapeur et d'obtenir l'arrêt rapide des transmissions.*

2082 — De M. de Koning (M. de la S.), *Note sur la question ouvrière dans les Pays-Bas.*

Les membres nouvellement admis pendant le mois d'août sont:

Comme membres sociétaires, MM. :

E.-A. Bourdon, présenté par MM. Lecouteux, Garnier, Enfer.
L. Loevy, — de Borodine, Carimantrand et Mallet.
J. Plichon, — Buquet, Alexis-Godillot et Rey.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'AOUT 1890

Séance du 1er août 1890.

Présidence de M. E. Polonceau, Vice-Président

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président a le regret de faire part à la Société de la mort d'un de ses membres les plus éminents, M. P. Barbe, ancien élève de l'École Polytechnique, ancien ministre. Après quelques paroles de regrets à l'adresse de ce collègue si distingué et si sympathique qui, après avoir joué un rôle brillant pendant la guerre, a rendu les plus signalés services au pays, soit comme industriel, soit comme membre du Parlement,

M. le Président donne la parole à M. G. Cerbelaud qui, dans des termes pleins d'émotion, retrace la trop courte existence de M. Barbe. Officier d'artillerie démissionnaire, il reprit du service pendant la guerre et fut chargé de la difficile mission de commander l'artillerie de la place de Toul. Il sut, dans ce poste, inspirer la plus absolue confiance à ses hommes et mériter l'estime et l'admiration des ennemis eux-mêmes.

Après la guerre, il se consacra d'une façon toute spéciale à la fabrication des dynamites et créa des usines pour cette fabrication dans les pays les plus divers. D'une dévorante activité, M. Barbe est mort à son poste, en travaillant.

M. le Président remercie M. Cerbelaud de cette notice, qui paraîtra au Bulletin.

M. le Président est heureux d'annoncer à la réunion que plusieurs membres ont bien voulu consentir à abandonner les bons souscrits, en

donnant à ces fonds une affectation spéciale en vue de la reconstruction de l'Hôtel de la Société.

Ainsi font abandon : Mme veuve Couvreux et son fils, en souvenir de notre regretté collègue, de 19 bons; M. Molinos, de 5 bons; M. Canet, de 20 bons; M. Brulé, de 1 bon; M. S. Périssé, de 1 bon; M. Wurgler, de 4 bons.

Après avoir donné connaissance d'une lettre de remerciement de Mme veuve Normand, à propos du concours que la Société lui a apporté récemment en diverses circonstances, M. le Président donne lecture d'une lettre de Mme veuve Couvreux, qui fait don à la Société d'une somme de 5 000 *f* en vue de la fondation d'un prix triennal (médaille d'or ou somme équivalente) qui portera le nom de son mari. Il annonce que M. le Président Contamin a de suite écrit à Mme veuve Couvreux pour la remercier, et il renouvelle, aux applaudissements de l'assemblée, l'expression de la gratitude de toute la Société pour ce don généreux; il ajoute que le Comité s'occupera, dès la rentrée, de préparer un projet de règlement pour cette fondation nouvelle.

M. le Président résume trois lettres reçues de MM. Conrad et Michaëlis, Ingénieurs hollandais, et de M. Cornet y Mas, Ingénieur espagnol, qui remercient de l'honneur qui leur a été fait en les nommant membres d'honneur de la Société,

M. le Président donne connaissance de différentes lettres reçues de Chicago.

Dans une première, M. Corthell, président de la Société des Ingénieurs civils de l'Ouest, envoie la traduction d'un discours prononcé par lui à l'occasion d'un projet d'érection d'un monument en l'honneur du grand ingénieur américain James Eads. Ce très intéressant discours paraîtra au *Bulletin*.

Dans une seconde, M. Weston, secrétaire de la Société des Ingénieurs civils de l'Ouest, annonce la constitution à Chicago, sous la présidence de M. Corthell, d'un comité de sept membres chargés de préparer le programme d'un congrès international d'ingénieurs.

Dans une troisième, M. Corthell demande la communication des programmes, réglements, comptes rendus des différents congrès tenus à Paris en 1889, pour lui permettre de dresser le programme du congrès du Génie civil de 1893 à Chicago.

Il annonce que, dès maintenant, il est décidé qu'existera à l'Exposition de Chicago un bureau central devant servir de lieu de réunion pour tous les ingénieurs étrangers et américains pendant toute la durée de l'Exposition.

M. le Président annonce que toutes les pièces de cette correspondance resteront au secrétariat de la Société à la disposition de tous ceux des membres qui désireront en prendre connaissance.

A propos du procès-verbal de la séance du 18 juillet, M. le Président signale une lettre de M. N.-J. Raffard qui demande que l'observation présentée par lui soit complétée et indique qu'il s'agissait du séchage de la vapeur *détendue par son passage dans un tube traversant la chaudière*. Cette lettre sera déposée aux archives de la Société.

M. le Président signale trois lettres de MM. Francq, Chapman et Mallet, relatives à la vapeur détendue, aux locomotives compound et au meilleur emploi de la vapeur; il pense que la lecture de ces lettres trouvera naturellement sa place un peu plus tard avant la communication de M. Lencauchez sur le même sujet (1).

Conformément à l'ordre du jour, M. le Président ouvre la discussion sur les communications de MM. S. Périssé, Ch. Compère et P. Regnard *sur les chaudières à vapeur à l'Exposition de 1889.*

Il constate que si personne ne demande la parole, ce n'est pas que la question manque d'intérêt, c'est que les fortes chaleurs des derniers jours et l'orage qui vient d'éclater ont empêché beaucoup de ceux qui devaient prendre part à la discussion d'assister à la séance.

Il propose donc, non pas de clore la discussion, mais de la reporter au mois d'octobre.

Cette proposition est adoptée.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Lencauchez sur les *Hautes pressions de vapeur dans les machines compound.* Avant de donner la parole à M. Lencauchez, M. le Président invite M. le Secrétaire a donner lecture des diverses lettres signalées précédemment et qui sont relatives à cette question.

M. Francq dit que l'idée de l'usage du détendeur et du réchauffage de la vapeur détendue avant son entrée dans les cylindres a été adoptée sur les indications fournies par lui à la maison Cail, pour améliorer les conditions des locomotives sans foyer ou à eau chaude, et a été l'objet d'un brevet pris d'accord avec cette maison.

Il ajoute que M. Mesnard et lui, d'accord avec la Compagnie de Fives-Lille, ont, depuis lors, étudié et fait breveter des dispositions spéciales applicables aux locomotives principalement en vue du Métropolitain, ainsi qu'on a pu le voir à l'Exposition de 1889.

Il est heureux de constater que M. Polonceau a bien voulu consacrer sa haute compétence à l'essai d'un progrès qui mérite un sérieux examen.

M. Chapman explique la cause de la défectuosité signalée par M. Mallet dans les machines à trois cylindres du London and North Western Railway. Les mouvements saccadés qui se produisaient à l'origine sur ces machines étaient dus à une disposition défectueuse du tiroir de basse pression qui avait une avance à l'échappement et une course de 124 *mm* seulement.

A mesure que ces machines sont entrées en réparation, ce tiroir a été modifié de façon à porter sa course à 140 *mm* et à donner à chaque extrémité environ 1,50 *mm* de recouvrement à l'échappement, ce qui permet de produire une compression presque équivalente à la pression de la vapeur dans la boite à tiroir du cylindre à basse pression. Il en ré-

(1) MM. Lencauchez et J. Pouchet ont fait breveter, en 1862, un groupement de deux chaudières, l'une timbrée à 5 *kg* et l'autre à 8 *kg*. La vapeur de la chaudière à 8 *kg*, après avoir circulée dans la chemise de vapeur de la machine, sous cette pression, allait se détendre dans la chaudière à 5 *kg*, où elle laissait son eau de condensation en s'ajoutant à celle à 5 *kg* qui travaillait dans le cylindre.

sulte que le choc qui, au moment de l'ouverture de la lumière, se produisait sur la grande surface du piston de basse pression, est évité, de même que le mouvement saccadé dont il était cause.

M. Chapman ajoute que ces mêmes machines présentaient un autre défaut : les cylindres à haute pression n'ayant aucune communication directe avec l'atmosphère, la vapeur devait passer en toutes circonstances par le cylindre à basse pression ; si donc, lors d'un arrêt, les deux lumières du tiroir à basse pression se trouvaient couvertes, la vapeur à haute pression produisait un choc dans le réservoir à basse pression ; il a suffi de munir les cylindres à haute pression d'une valve automatique pour éviter cet inconvénient.

M. Chapman donne enfin quelques chiffres : les 80 machines à trois cylindres du London and North Western Railvay ont maintenant parcouru 23 millions de kilomètres en remorquant les trains les plus lourds et les plus rapides et on n'a eu aucune difficulté au démarrage. Ces machines font aujourd'hui le service de Crewe à Londres, Londres à Carlisle, avec changement des trains au passage à Crewe et retour de Carlisle à Crewe, soit un parcours de 965 *km* en moins de 24 heures et avec une seule mise en pression.

M. Mallet rappelle tout d'abord que la question à l'ordre du jour a déjà été traitée plusieurs fois devant la Société et regrette que les faits établis alors paraissent trop oubliés ; ainsi, dans la Séance du 2 novembre 1877, M. Mékarski recommandait déjà l'emploi d'un détendeur établissant une différence de pression entre la chaudière et les cylindres d'une locomotive et attribuait à cette disposition les mêmes avantages économiques qu'à la double expansion.

Remontant encore dix ans plus loin, en 1868, il rappelle la communication faite par Benjamin Normand et par lui sur la machine compound marine et il est heureux de constater que la pratique a confirmé d'une manière éclatante les prévisions qu'ils émettaient l'un et l'autre dès cette époque, mais qu'on combattait alors avec les mêmes arguments qu'on oppose actuellement à la double expansion sur les locomotives.

Il signale, à cette occasion, qu'ayant constaté l'absence dans la bibliothèque des cinq tableaux qui devaient accompagner cette importante communication, il s'est empressé de combler cette lacune ; ces tableaux ont un intérêt historique de premier ordre, car ils donnent, pour l'époque, la puissance, la consommation et les poids des appareils marins des divers systèmes.

S'il a existé, comme l'a dit M. Lencauchez au Congrès de mécanique appliquée de 1889, des machines marines qui consommaient 4 *kg* de houille par kilogramme et par heure, ce n'était déjà plus, dit M. Mallet, il y a vingt-cinq ans, ce n'était même pas il y a trente et trente-cinq ans, mais à une époque bien plus reculée encore, car déjà vers 1855-1860, les pressions de 1 1/2 à 2 *kg* effectifs étaient déjà employées très couramment dans la marine.

Un des grands mérites de Benjamin Normand, dit encore M. Mallet, a été de démontrer que la double expansion pouvait déjà donner des avantages économiques importants avec les pressions ordinairement en

usage, c'est-à-dire dans les conditions pratiques de l'époque, alors que la condensation de surface n'existait pas et où le taux de la pression à la mer était forcément limité.

En finissant, M. Mallet déclare que la supposition que les pressions très élevées sont indispensables pour les machines compound est démentie par les faits. Il montre, en s'appuyant sur les expériences de M. de Borodine, que même avec la pression de 9 *kg* employée en Russie sur beaucoup de locomotives (le maximum réglementaire ne doit pas dépasser 11 *kg*), la double expansion donne déjà d'importants avantages économiques.

M. le Président annonce qu'il vient justement de recevoir de son éminent collègue et ami, M. Webb, une note très intéressante sur les expériences signalées par M. Chapman. Il se propose, en octobre, de présenter ces notes avec diverses observations.

M. le Président donne ensuite la parole à M. Lencauchez pour sa communication sur les *hautes pressions de vapeur dans les machines compound*.

M. Lencauchez désire que l'on comprenne bien le but de sa communication.

Il n'entend pas prendre parti d'une façon absolue pour un système plutôt que pour un autre. Il connaît depuis longtemps les remarquables travaux de MM. Mallet et B. Normand ; il les a admirés, il les admire encore, et n'a nullement l'intention de venir les critiquer. Tel n'est pas son but ; ce qu'il veut, c'est montrer les grands résultats que le système compound a produits dans les machines marines, et chercher ensuite si des résultats aussi importants peuvent être réalisés par le même moyen pour les locomotives.

Voilà le point à élucider ; il croit que l'opinion publique s'est laissé égarer par des apparences, et il se propose de mettre en garde contre un engouement inconsidéré et peut-être dangereux.

M. Lencauchez tient, tout d'abord, à rendre hommage aux remarquables travaux de l'amiral Lafond et de M. du Tremblay qui, par leurs recherches sur les machines à deux liquides ou a deux vapeurs, ont amené la réalisation pratique des condenseurs de surface et ont ainsi ouvert la voie à M. B. Normand, qui a créé les *machines marines Woolf* et *compound*.

C'est l'ensemble des travaux de ces divers ingénieurs français qui a permis d'abandonner ces pressions de 1,25 *atm* à 1,75 *atm* (c'est-à-dire 0,25 *kg* à 0,75 *kg*) (1), pour passer aux machines à haute pression. Une fois ce pas franchi, il a existé une marge suffisante pour l'emploi des détentes successives dans deux et trois cylindres, et comme conséquence on est arrivé des consommations de 3 et 4 *kg* de houille de première qualité, par cheval et par heure, à ces machines dont les consommations tombent au voisinage de 1 *kg*, et même à ces puissantes machines de 4 et 5 000 chevaux, qui ne consomment même pas 1 *kg* de houille par cheval effectif et par heure.

(1) Les pressions de 1 1/2 *kg* et de 2 *kg* *étaient de grandes exceptions* avant 1860, en prenant la moyenne des bateaux à vapeur en service à cette époque.

Dans la marine, l'emploi de l'eau de mer dans les chaudières, en limitant la pression, à cause des incrustations, et, en obligeant à extraire un volume d'eau chaude hors de la chaudière pour deux volumes introduits, avait conduit à des consommations excessives; — la série des progrès qui ont été la conséquence de l'adoption des condenseurs de surface, — c'est-à-dire de l'alimentation des chaudières à l'eau distillée, et auxquels sont liés si justement les noms que vient de rappeler M. Lencauchez, a permis de réaliser une économie de 75 0/0.

Mais, *sur terre*, la situation a été depuis longtemps tout à fait différente.

Dès 1855, MM. Farcot garantissaient les machines horizontales et les machines Woolf, de 60 à 100 *ch* de leur construction pour une dépense maxima de 1,2 *kg* de houille par cheval effectif et par heure. Il n'y a donc plus qu'une faible marge pour les économies qu'on peut attendre du système compound.

En 1885, 1886 et 1888, d'après des expériences de M. Bour (voir le bulletin du 13e congrès des associations des propriétaires d'appareils à vapeur), une machine à vapeur horizontale à condensation de MM. Piguet et Cie de Lyon a donné des consommations de vapeur qui n'ont varié que de 7,4 *kg* à 7,9 *kg* par cheval effectif et par heure; de sorte qu'avec des chaudières donnant 8,50 *kg* de vapeur par kilogramme de houille, la dépense de combustible n'est donc que de 0,903 *kg* (moins de 1 *kg*) par cheval effectif et par heure. Peut-on espérer mieux des meilleures compound, demande M. Lencauchez?

Après ce préambule, M. Lencauchez étudie spécialement la question des *machines locomotives;* et il se propose de démontrer que pour ces machines, comme pour les machines marines, s'il y a des progrès à réaliser, il faut les demander successivement au foyer, aux conditions d'alimentation, aux enveloppes de vapeur et à la transformation de la distribution ou au système compound. Mais que l'adoption de ce dernier mode de détente ne peut à lui tout seul que donner peu de résultats, si même la complication des organes qu'il entraine ne fait pas plus de mal que de bien.

M. Lencauchez remarque tout d'abord et produit à l'appui de son affirmation une série de calculs et de graphiques que, sur terre comme sur mer, l'adoption du système compound exige une augmentation de la pression initiale, — le passage des pressions de 8 et 9 *kg* aux pressions de 12 et 13 *kg*. Deux éléments interviennent donc :

1° Augmentation de la pression;

2° Détente prolongée jusqu'au 7/8 suit introduction au 1/8.

Il est par suite inadmissible, comme on l'a fait dans divers cas, d'attribuer la totalité des économies réalisées au système compound, alors que l'augmentation de pression a une influence considérable.

Le grand public a pris l'habitude d'attribuer aux machines compound l'ensemble des économies réalisées *en marine*, sans connaître tous les autres progrès qui ont précédé ou accompagné cette modification des machines; la même tendance s'observe pour les locomotives et sans plus de raison d'être. C'est contre cette appréciation sommaire et inexacte que proteste M. Lencauchez.

A ces opinions vagues, il oppose les résultats des expériences poursuivies depuis des années à la Compagnie d'Orléans ; il montre que sans modification de timbre, et au prix d'une dépense qui ne dépasse pas 4 à 5 000 *f* par machine, on peut, sur une locomotive donnée, réaliser :

10 0/0 d'économie par l'adoption du foyer gazogène Ten-Brinck ;

12 0/0 d'économie par l'adoption de l'alimentation à l'eau chauffée à 97° ;

5 0/0 par l'emploi des enveloppes de vapeur,

Et enfin 22 0/0 théorique ou tout au moins 15 0/0 en pratique par la distribution perfectionnée *(type à quatre distributeurs)* en essai depuis quelques mois.

De sorte qu'en somme, *pour un même travail* utile, la dépense de 100 dans la machine primitive tomberait à 64 dans la machine complètement perfectionnée ; ou encore, sous une autre forme, *pour une même consommation*, la puissance passerait de 100 à 148,75 (1).

Ainsi, dit M. Lencauchez, avec des perfectionnements simples et peu coûteux, on peut réduire pratiquement la dépense d'une locomotive, à travail égal, d'un tiers, tout en augmentant sa puissance d'environ moitié ; mais il est, par contre, irrationnel d'espérer pour les locomotives un résultat important du *système compound* considéré en lui-même, indépendamment des autres modifications qui l'accompagnent et qui, chacune isolément, ont une influence plus considérable.

M. Lencauchez se hâte de répéter qu'il se garde bien de condamner d'une façon générale le *système compound* pour toutes les machines terrestres. Il croit ce système très fructueux pour les *machines fixes à marche continue*, qui doivent fournir un travail sensiblement constant d'un moment à l'autre : tel est le cas des machines soufflantes de hauts fourneaux et de Bessemer, des machines élévatoires pour l'eau, etc. Mais, par contre, il montre que ce système a dû être abandonné pour les grandes machines réversibles de laminoirs, à cause des variations considérables de force et de vitesse que de pareilles machines sont appelées à réaliser.

Il pense que ces mêmes causes justifient l'opposition que beaucoup d'ingénieurs expérimentés font à l'adoption du système compound dans les locomotives ; il reconnait que les recherches faites en vue d'appliquer le système compound aux locomotives ont eu cet heureux résultat de faire passer des pressions de 9 et 10 *kg* aux pressions de 13 et 15 *kg*, et considère que c'est principalement, sinon uniquement, à cette modification du timbre de la chaudière que sont dus les avantages constatés, attribués à tort au système compound.

Après avoir remercié M. Lencauchez de son intéressante communication, et constaté que personne ne demandait la parole, M. le Président demande à faire quelques observations générales.

Il dit que cette question de la locomotive compound a été et est l'objet de discussions très importantes, très intéressantes, aussi bien en France qu'en Angleterre, en Allemagne, en Russie ; qu'elle est à l'ordre du jour

(1) Il faut cependant faire remarquer que si, sur cinq machines, on a eu les trois premiers perfectionnements, sur une autre, n° 67, on n'a encore que le premier et le dernier.

en Amérique ; qu'il croit donc qu'il n'est pas possible de clore déjà cette étude d'une telle importance, d'autant plus que divers membres, tels que MM. Morandière, Mallet, Pulin, pour n'en citer que trois, ne sont pas présents, et qu'ils auront très certainement des observations très intéressantes à faire.

Il expose, tout en tenant compte des observations très justes de M. Lencauchez, que le système compound a été appliqué aux machines marines avec un très grand succès : en résumé, une fois une machine marine transformée en compound jamais il n'a été question de supprimer le compound.

Il n'en est pas de même pour les locomotives.

Il a été relativement facile de faire des comparaisons rationnelles, justes, entre machines marines, parce qu'on était sur un chemin, toujours le même, dans des conditions de marche semblables, avec les mêmes combustibles ; parce que, dans certains cas, on appliquait à un ancien bateau, même à une ancienne machine, le système compound : les résultats étaient alors une preuve certaine de la valeur du système. Mais, pour les locomotives, les comparaisons sont très difficiles, parce que presque toujours ce ne sont plus les mêmes locomotives qui sont mises à l'épreuve ; ou bien la pression n'est pas la même, ou bien les dimensions du foyer, la capacité de la chaudière, le profil de la ligne, le nombre de démarrages, la vitesse, la nature du combustible, la valeur du machiniste et du chauffeur, l'état de l'atmosphère, etc., etc., varient dans les proportions très notables et viennent influer sur les résultats.

M. le Président insiste donc sur ce fait qu'avec la meilleure bonne foi du monde, il est très difficile de ne pas se laisser influencer par une cause ou par une autre, dans un sens ou dans l'autre ; c'est ce qui explique les divergences d'opinion, chacun étant convaincu de la vérité de ce qu'il affirme.

Comme les discussions et travaux qui auront lieu ici à ce sujet et sur tout ce qui se rapporte à la bonne utilisation de la vapeur sont très avantageux pour l'avancement de ces questions qui ont encore bien des points obscurs, il propose, comme il l'a dit en commençant, de remettre la suite de la discussion à la rentrée ; à cette époque, le Mémoire de M. Lencauchez sera imprimé, publié, et de nouveaux éléments de discussion ajouteront encore à l'intérêt que présente l'étude de ces questions.

La séance est levée à dix heures.

NOTE

SUR

LES TRAVERSES MÉTALLIQUES

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1889

PAR

M. Paul COQUEREL

Le *Bulletin* de la Société du mois de juillet 1886 contient une communication, très complète, de notre collègue, M. Cantagrel sur les divers systèmes de voies métalliques en essais jusqu'à cette époque. Bien que la substitution du fer au bois dans l'établissement des voies de chemins de fer ne soit pas encore acceptée par tous les Ingénieurs, nous avons pensé qu'il serait intéressant de savoir ce que l'Exposition de 1889 révélerait de nouveau sur cette question. Elle a bien son importance; car si elle est encore discutée pour les chemins de fer établis en Europe, elle paraît être résolue en faveur des traverses métalliques, pour ceux des colonies et de tous les pays tropicaux.

M. Cantagrel avait donné la description de dix-sept systèmes de traverses (1) et, en outre, de plusieurs systèmes de longrines métalliques. Ces dernières, assez répandues en Allemagne, ne semblent pas avoir été essayées en France et, d'ailleurs, n'étaient pas représentées à l'Exposition ; nous n'en parlerons donc pas.

Sur les dix-sept systèmes de traverses dont la description se trouve au *Bulletin* de juillet 1886, sept seulement étaient représentés à l'Exposition ; ce sont les suivants : Vautherin, Post, Est-Français, Sévérac, Bernard, Paulet et Lavallette, Brunon.

(1) Ces dix-sept systèmes sont les suivants : Vautherin, Berg et Marche, Haarmann, Wood, Liveray, Webb, Uenidl, Post, Est-Français, Sévérac, Bernard, Paulet et Lavallette, P. L. M. A., P. L. M. B., Menans, Brunon.

Nous n'avons pas à reprendre la description très complète qui en a été faite Nous signalerons seulement une traverse Vautherin, exposée par les Forges de Franche-Comté et assez intéressante parce qu'elle a été retirée des voies algériennes de la compagnie de Lyon après dix-neuf années de service. Le corps de la traverse ne paraît pas avoir souffert et pourrait certainement servir encore longtemps Quant aux attaches, qui sont du système à prisonnier avec clavettes verticales, on ne peut juger de l'état dans lequel elles devaient se trouver au moment où la traverse a été retirée des voies, l'attache ayant dû nécessairement être défaite et refaite pour figurer à l'Exposition.

Nous ne parlerons pas non plus des traverses de notre collègue, M. Moncharmont. La description en a été donnée par l'inventeur lui-même et se trouve au *Bulletin* de juillet 1889.

Les traverses dont il nous reste à donner la description sont les suivantes : État français, Compagnie de l'Ouest, Boyenval et Ponsard, Helson, Lambert, Grand-Central belge, Willemin, Cassier et trois types anglais.

Traverse de l'État français. — C'est une traverse du type Berg et Marche, mais modifiée pour l'appliquer à la voie à double champignon, avec coussinets en fonte.

La table supérieure a 0,120 *m* de largeur et 0,009 *m* d'épaisseur; les côtés inclinés ont une épaisseur de 0,008 *m* qui se réduit progressivement à 0,007 *m*; ils se terminent par un bourrelet d'une forme assez compliquée; la largeur totale de la traverse à la base, est de 0,260 *m*. Les deux extrémités sont fermées soit par un emboutissage, soit en rabattant le dessus et les côtés.

Dans ces conditions, la traverse en acier doux et avec une longueur de 2,50 *m*, pèse 57 *kg*

Nous avons trouvé, pour le moment d'inertie :

$$I = 0{,}000\,001\,763.$$

Pour fixer les coussinets, la table supérieure a été percée de quatre ouvertures rectangulaires, avec angles arrondis, sur 0,005 *m* de rayon.

Ces ouvertures, placées deux à deux, symétriquement à droite et à gauche de l'axe longitudinal, sont inégales; celles placées à l'intérieur de la voie reçoivent un boulon d'attache du coussinet. Les deux autres, placées à l'extérieur de la voie, reçoivent, outre un second boulon d'attache, un talon venu de fonte sous le coussi-

net. C'est ce talon qui détermine, au sabotage, l'écartement de la voie et, en service, s'oppose à l'augmentation de cet écartement.

Chaque coussinet est ainsi tenu par deux boulons, avec écrou en dessus. Les chemins de fer de l'État essayent, en ce moment, le boulon de M. Linet qui présente deux particularités. Il a d'abord un filetage spécial qui diffère du filetage ordinaire en ce que les surfaces en contact et sur lesquelles s'opère le serrage, sont perpendiculaires à l'axe du boulon ; dans ces conditions, il ne se produit aucune composante tendant à ouvrir l'écrou. En second lieu, l'écrou est fendu avant son filetage, par un trait de scie, sur l'un des angles de ses pans. Cette fente fait de l'écrou un ressort puissant qui exerce un frottement énergique sur la tige du boulon et s'oppose au desserrage. Pour obtenir ce ressort, il suffit de tarauder l'écrou à un diamètre un peu moindre que le boulon ou simplement de le resserrer de l'épaisseur du trait de scie.

Les chemins de fer de l'État ont employé cette traverse sur une assez large échelle. En 1886 on en a posé 8 200 et 30 000 en 1888. La ligne d'Ambarès à Bordeaux doit être posée exclusivement avec ce type. Il y a en cours d'exécution une commande de 70 000.

Le cahier des charges impose, pour le métal, les conditions suivantes :

Charge de rupture.	45 *kg* par mm^2 ;
Allongement minimum.	20 0/0 ;
Limite d'élasticité.	25 *kg* par mm^2.

Après le perçage des ouvertures rectangulaires qui est fait à froid, les traverses doivent être recuites. On vient de dispenser le fournisseur de cette opération, mais à la condition que les traverses supporteront l'épreuve suivante : On introduit, dans deux des ouvertures rectangulaires, deux crochets de 0,025 *m* de largeur et la traverse doit supporter, dans le sens de la longueur, une traction de 25 000 *kg*. En fait, dans cette épreuve, les ouvertures ne se sont pas déchirées aux angles, comme on le craignait, mais elles se sont allongées et le métal s'est boursouflé dans les crochets.

Cette fourniture de 70 000 traverses a été adjugée aux Forges et Aciéries de la Marine et des Chemins de fer, à Saint-Chamond. Cette Société exposait, outre des spécimens des traverses de l'État, une traverse pour voie de 1 *m* et rail Vignole. Celle-ci présente une particularité, c'est que l'extrémité inférieure des parois ver-

ticales est recourbée vers l'axe de la traverse. Il en résulte qu'une partie du ballast introduit à l'intérieur vient charger la traverse.

L'inclinaison du rail est obtenue par un matriçage de la face supérieure et le rail est maintenu par deux crapauds dont l'un est rivé et l'autre boulonné sur cette face.

Cette traverse a été établie par la Société de Saint-Chamond, pour son propre usage. Elle est employée sur une ligne de 25 *km*, servant à l'exploitation d'une forêt, en Sardaigne. Bien que les traverses en bois fussent sur en place, elles s'usaient si rapidement, sous le climat de la Sardaigne, que la compagnie de Saint-Chamond a trouvé avantage à leur substituer des traverses en fer.

Cette substitution nous a paru intéressante à signaler.

Traverse de la Compagnie de l'Ouest. — La Compagnie de l'Ouest exposait une traverse dont l'originalité consiste en ce que les coussinets sont fondus directement sur la traverse même. Le corps est formé par un fer en U renversé de 0,20 *m* de largeur sur 0,08 *m* de hauteur et 2,50 *m* de longueur. Les coussinets, fondus à la place voulue, sur ce fer, l'enveloppent complètement sur 0,10 *m* de largeur. Deux trous ronds, percés sur les parois verticales et deux encoches placées à la partie inférieure de ces parois se remplissent de fonte et assurent la fixité des coussinets quand bien même la fonte et l'acier ne resteraient pas complètement collés l'un à l'autre.

La partie en acier pèse	60 *kg*
Les deux coussinets en fonte.	50 —
Ensemble.	110 *kg*

Le poids est au moins égal à celui d'une traverse en bois, armée de ses deux coussinets.

La traverse est ouverte à ses deux extrémités. Mais les supports en fonte des coussinets forment deux diaphragmes, placés au-dessous des rails, qui ferment complètement les traverses et s'opposent aux mouvements transversaux de la voie. Leur surface est plus grande que celle du bout d'une traverse en bois, si l'on tient compte de la saillie de la fonte sur le corps de la traverse en acier.

Il faut aussi faire remarquer qu'il résulte de cette disposition que le rail est soutenu sur la traverse sur une longueur de 0,25 *m*. L'intervalle entre deux traverses est diminué, et il n'est pas à craindre que le coussinet marque son empreinte sur le champignon inférieur du rail, comme cela arrive souvent avec les coussinets plus étroits.

Après deux années d'expériences, la Compagnie de l'Ouest vient de commander 5 000 de ces traverses.

Traverses cannelées. — MM. Boyenval et Ponsard avaient exposé une traverse d'une forme toute nouvelle. Le corps est formé par l'accouplement de deux fers en U renversés, ayant chacun la forme d'un fer Zorès, le tout d'une seule pièce.

Il résulte de cette disposition que la traverse présente, à la partie supérieure, deux tables de 0,055 *m* de largeur, séparées par un vide de 0,063 *m*. Sur ces deux tables porte, pour la voie à double champignon, une large embase fondue avec le coussinet et tenue par quatre boulons ; est ménagé sur chaque embase, un talon circulaire qui pénètre dans la traverse et fixe la position du coussinet. Pour la voie Vignole, c'est la semelle d'inclinaison qui est fixée par quatre forts rivets sur la traverse.

Les tables horizontales supérieures et inférieures ont 0,007 *m* d'épaisseur ; les quatre parois verticales ont 0,005 *m*, la portée sur le ballast a 0,22 *m* de largeur, et la hauteur totale est de 0,07 *m*.

Avec ces dimensions et 2,30 *m* de longueur, le poids est d'environ 50 *kg*.

Le moment d'inertie est 0,000 001 724.

Le rail Vignole peut être fixé de deux manières : ou bien l'on introduit dans la cannelure centrale, sous la semelle d'inclinaison, une pièce de bois : le rail est alors fixé par deux tirefonds, comme pour la traverse entièrement en bois. Ou bien lorsqu'il est indispensable d'avoir un système entièrement métallique, on remplace cette pièce de bois par une pièce d'acier formant écrou pour deux vis, dont les têtes maintiennent le patin du rail.

La Compagnie de Bône à Guelma a adopté un troisième système qui consiste à river, sur la semelle d'inclinaison et en même temps qu'elle, un buttoir sous lequel s'engage un côté du patin du rail ; un seul boulon placé à l'intérieur de la voie et dont la tête maintient l'autre côté du patin, suffit pour compléter l'assemblage qui est alors d'une grande simplicité.

Ces traverses présentent une grande résistance à l'écrasement. Des expériences ont été faites, à ce sujet, aux usines d'Anzin. La traverse était posée, à plat, sur une surface métallique, la semelle d'inclinaison rivée en place. Dans ces conditions, elle a pu supporter, sans déformation permanente, une charge de 72 000 *kg*.

Des essais à la flexion ont aussi été faits aux mêmes usines. La traverse était posée sur deux appuis distants de 1 *m* et chargée en

son milieu ; la déformation permanente n'a commencé que sous une charge de 11 700 *kg*.

Ces traverses sont en essais sur diverses lignes. Pour la voie large sur la ligne de l'Etat, de l'Ouest-Algérien et de Bône-Guelma. Cette dernière compagnie en possède 2 500.

Un essai intéressant se poursuit sur le chemin de Ceinture de Paris. Cent cinq traverses ont été posées en un des points les plus fatigués de cette ligne ; ce sont des traverses pour rail Vignole, avec attache en bois. Elles ne sont posées que depuis une année ; mais elles ont reçu une circulation de 20 000 trains de marchandises et 14 000 de voyageurs.

Pour la voie de 1 *m*, les essais portent sur 27 000 traverses pour la ligne de Dakar à Saint-Louis, 4 200 pour la ligne de Port Arthur (Chine), 3 000 au Soudan français, 4 500 pour la République Argentine. Toutes ces traverses sont pour rails Vignole avec attache entièrement métallique.

Une commande plus importante (350 000 traverses) vient d'être faite pour la ligne de Porto-Rico.

MM. Boyenval et Ponsard ont aussi étudié une traverse exceptionnellement forte, destinée à porter le rail Goliath Belge. Elle pèse 85 *kg*.

Traverse Helson. — Cette traverse rappelle, par sa disposition générale, la traverse Sévérac ; seulement, le fer double T, dont M Sévérac forme le corps de sa traverse est remplacé par un rail Vignole. L'inventeur a paru principalement préoccupé d'utiliser ainsi les vieux rails. Aux deux extrémités de ce rail-traverse, sur 0,90 *m* de longueur, sont rivées deux lames en tôle 0,25 à 0,30 *m* de largeur, destinées à recevoir le bourrage ; elles se retournent verticalement aux deux extrémités pour s'opposer aux mouvements transversaux de la voie. Ces fers plats sont striés en dessous pour augmenter le frottement contre le ballast.

A l'emplacement des rails de la voie, des coussinets en fonte sont fondus sur le rail-traverse comme dans le système de la Compagnie de l'Ouest. Pour le rail Vignole, les coussinets sont remplacés par deux mâchoires et le rail est tenu par une clavette horizontale. Celle-ci a reçu du cône dans les deux sens, de manière à donner un serrage non seulement dans le sens horizontal, mais à exercer aussi une pression dans le sens vertical entre le patin du rail et la mâchoire du coussinet.

Pour conserver une certaine élasticité à cette clavette on l'a

fendue sur presque toute sa longueur par une rainure de 0,005 à 0,006 *mm* de largeur dans laquelle on introduit une lame de plomb mélangé d'antimoine. Ce mélange donne un métal ductile et plus dur que le plomb.

Traverse Lambert. — Cette traverse est formée d'un fer Zorès ayant 0,018 *m* de largeur à la partie supérieure et 0,275 *mm* à la base avec 0,07 *m* de hauteur. Les extrémités ne sont pas fermées mais épanouies et recourbées en arc de cercle, en sorte qu'elles plongent d'environ 0,30 *m* dans le ballast.

La table supérieure est renforcée, dans son axe, par une forte nervure.

L'inclinaison du rail est obtenue par un matriçage de la table supérieure et, par la même opération, on fait venir sur cette table quatre bossages destinés à assurer la position du rail contre tout déplacement horizontal.

Il restait à résister aux efforts qui tendent à renverser le rail et donnent des composantes verticales.

A cet effet, deux trous cylindriques, inclinés à environ 45° sont percés sous chaque rail dans la forte nervure placée dans l'axe et sous la table supérieure. Deux pièces en acier terminées en forme de crochets sont enfoncées dans ces trous et les crochets reviennent sur le patin du rail. Les crampons d'acier rappellent, par leur forme et leur mode d'action, les valets de menuisier. Les composantes verticales tendent à les coincer davantage et à augmenter le serrage. Il serait intéressant de savoir si cet assemblage résiste aux trépidations causées par le passage des trains.

Un certain nombre de ces traverses sont en essai depuis le mois de juin sur la ligne de l'Est de Lyon.

Attache Delettrez. — M. Delettrez avait exposé un système d'attache pour rail Vignole sur traverses métalliques présentant quelques particularités qui méritent d'être signalées. Elle s'applique aux traverses du genre Vautherin, Post, Berg et Marche en général à toutes les traverses dont la face supérieure est percée d'ouvertures rectangulaires. Elle comprend un boulon dont la tête a la forme d'un rectangle allongé. Un peu au-dessus de cette tête est un ergot de même forme et de même dimension. L'intervalle entre la tête et l'ergot est égal à l'épaisseur de la traverse. On introduit le boulon par l'ouverture rectangulaire de la traverse, la grande dimension du rectangle étant perpendiculaire au rail; en le tour-

nant d'un quart de tour, il se trouve pris en dessus et en dessous par la face supérieure de la traverse et ne peut plus ni monter ni descendre. La pose de l'écrou devient facile.

Le boulon ainsi placé est coiffé d'un crapaud. Un talon placé au dessous de cette pièce vient achever de remplir l'ouverture de la traverse et empêche tout déplacement horizontal du rail. Le crapaud se prolonge jusque sur le patin du rail et est serré par un écrou.

Les deux crapauds placés de chaque côté du rail, l'un à l'intérieur, l'autre à l'extérieur de la voie n'ont pas la même largeur. Ils diffèrent de 0,010 *mm*. Lorsque les plus étroits sont à l'intérieur de la voie, celle-ci a la largeur normale. En changeant l'un pour l'autre les deux crapauds d'une même file de rail on élargit la voie de 0,010 *m*. En faisant la même opération pour les deux files de rail, on l'élargit de 0,020 *m*. On peut ainsi, dans les courbes, augmenter la largeur de la voie sans aucun changement dans le matériel ni dans le perçage des traverses.

Traverses Belges. — Grand Central Belge. — Ces traverses sont du genre Berg et Marche, mais au lieu de la forme polygonale qu'affectent ces dernières, elles sont complètement arrondies, comme une portion de voûte. A la partie supérieure on a ménagé une surface horizontale qui n'a que 0,075 *m* de largeur.

Ces traverses sont en fer et non en acier. C'est probablement ce qui a conduit à leur donner une épaisseur assez forte de 0,009 *m* à la base, elles passent à 0,010 *m* puis au sommet à 0,013 *m*.

Leur moment d'inertie est 0,000 001 903.

Deux modes d'attache, pour le rail Vignole, ont été successivement employés.

Dans le premier, on plaçait sous le rail à l'intérieur de la traverse, un blochet en bois. Il était maintenu à la partie inférieure par une plaque de fer qui formait en même temps écrou pour deux vis traversant le bois. Ces vis maintenaient en même temps, par leur tête saillante, le rail et la semelle d'inclinaison.

Cette pièce de bois a été supprimée en 1887 et remplacée par une pièce de fer, placée à l'intérieur de la traverse et rivée sur la table supérieure. Cette pièce, comme dans le système précédent, sert d'écrou aux deux vis qui maintiennent la semelle d'inclinaison et le rail. Il est à remarquer que c'est cette pièce et non la semelle d'inclinaison qui est rivée sur la traverse.

Ces traverses, y compris tous les accessoires, pèsent 69,100 *kg*. Ce poids se décompose ainsi :

Traverse.	60,59 *kg*
Selle d'inclinaison.	2,32
Platine écrou.	4,118
Rivets.	0,742
Tirefonds	1,330
	69,100 *kg*

Depuis 1886, la Compagnie du Grand Central Belge a posé 11 000 de ces traverses. Elles paraissent se comporter très bien et aucune n'a dû être remplacée.

Traverses Z. — Ces traverses, exposées par M. Vuillemain, sont composées de deux fers ayant exactement, en coupe, la forme d'un Z, d'où vient leur nom. Pour les fortes traverses étudiées pour porter le rail Goliath, ces fers ont 0,11 *m* de hauteur et 0,007 d'épaisseur. Les ailes ont 0,065 *m* de largeur. Ces deux fers sont réunis, sous les rails, par deux coussinets en fonte auxquels ils sont rivés par deux ou trois rivets horizontaux. La partie inférieure de ces coussinets est légèrement évidée pour reporter la pression le long de l'âme des fers Z. La partie supérieure porte deux mâchoires ; l'une reçoit le bord extérieur du patin du rail ; l'autre maintient le bord intérieur par l'intermédiaire d'une clavette horizontale. Cette disposition est bien connue. Mais la clavette belge présente deux particularités qui méritent d'être signalées. Elle est d'abord ajustée à un angle inférieur à l'angle de frottement. De plus, elle est fendue, à chaud, sur presque toute sa longueur. On peut alors, lorsqu'elle est en place, ouvrir d'un coup de burin la partie extérieure de la clavette et créer ainsi un obstacle au desserrage.

Ces traverses ont été employées par la Société Nationale des Chemins vicinaux Belges pour son réseau de la banlieue de Charleroi. Les traverses employées sur ces lignes pèsent 52 *kg* ; mais il faut observer qu'elles forment des espèces de caissons qui se remplissent de ballast dont le poids s'ajoute à celui de la traverse.

La traverse étudiée pour le rail Goliath pèse 95 *kg*. Son moment d'inertie est 0,000 005 866.

Traverse Cassier. — Cette traverse a une forme analogue aux traverses Vautherin ; mais elle est pourvue, à la partie supérieure.

d'une rayure horizontale ayant la forme de queue d'aronde. Deux griffes, en fer forgé, glissent dans cette rainure et reviennent de chaque côté sur le patin du rail. Un seul boulon horizontal passant sous le rail, permet de rapprocher ces griffes qui tendent alors à monter sur le patin du rail et opèrent le serrage. Les deux files de rail peuvent être placées à un écartement quelconque sur la traverse; on peut donc augmenter l'ouverture de la voie sans rien changer.

L'inclinaison du rail doit être obtenue par la courbure de la traverse.

Ces traverses pèsent 75 *kg*.

Traverses anglaises. — L'exposition anglaise présentait quelques types de traverses métalliques.

La maison Gielgud exposait un type sur lequel nous n'avons pu avoir de renseignements précis; c'était une traverse de la forme Berg et Marche. La table supérieure était percée de deux larges ouvertures rectangulaires dont les bords relevés venaient maintenir le rail par l'intermédiaire d'une clavette horizontale.

Ce même mode d'attache était aussi présenté par la E. B. B. W. Vale Steel Iron and Coal C[y], mais pour une traverse de voie étroite.

Cette Société exposait aussi deux autres types.

Dans le premier, le corps de la traverse a la forme Vautherin. L'attache, pour le rail Vignole, est obtenue d'un côté par un crapaud sous lequel s'engage le patin du rail et qui est rivé sur la traverse de l'autre côté du rail par un crapaud de même forme mais boulonné. L'inclinaison est donnée par la courbure de la traverse.

Ce système a été établi pour les lignes de l'Est de la République Argentine.

Une autre traverse, présentée par la même Compagnie, offrait un mode d'attache original. Le corps de la traverse a la forme ordinaire, mais la table supérieure est renforcée par deux fortes nervures verticales. Ces nervures sont entaillées pour laisser passer le rail et une clavette horizontale.

Chaque rail est maintenu par deux pièces d'acier dont le dessin indique la forme; elles remontent jusque sous le champignon supérieur, comme des éclisses. L'une d'elles se prolonge jusque sous la table supérieure de la traverse; elle est maintenue par un

talon. L'autre est serrée contre la première par la clavette dont nous avons déjà parlé. Comme on le voit le rail est en quelque sorte suspendu par le champignon supérieur.

Nous n'avons pu savoir si ces traverses ont été essayées.

En résumé, M. Cantagrel avait décrit dix-sept systèmes de traverses ; nous venons d'indiquer douze nouvelles dispositions. C'est donc vingt-neuf systèmes entre lesquels peuvent choisir les ingénieurs qui voudraient substituer le fer au bois dans les voies de chemins de fer.

Depuis la communication de M. Cantagrel on voit que la forme générale des traverses a peu changé. C'est presque toujours la forme d'auge renversée, plus ou moins modifiée, sauf pour les traverses qui cherchent à utiliser les vieux rails.

Il faut cependant faire une exception pour la traverse cannelée de MM. Boyenval et Ponsard qui présente une forme toute nouvelle.

En ce qui concerne le mode de fixation du rail, les modifications sont plus importantes. On parait avoir renoncé à l'attache par prisonniers et clavette verticale pour adapter de préférence, soit les boulons ou les rivets, soit les clavettes horizontales.

La rivure nous parait présenter l'avantage de fermer complètement l'ouverture faite dans la traverse et on ne voit pas pourquoi les rivets, qui résistent sans se desserrer aux trépidations causées par le passage des trains sur les ponts métalliques, n'auraient pas le même avantage pour les traverses.

Pour les clavettes horizontales la difficulté est, bien entendu, de les empêcher de se desserrer. Une solution simple paraît être obtenue par la clavette fendue employée, en Belgique, sur la traverse ᴣ.

Au point de vue de la résistance transversale le calcul est difficile à appliquer et, cependant, cette résistance est un point important. La traverse doit assurer non seulement la fixité de l'écartement de la voie, mais aussi la solidarité des deux rails en cas de tassement inégal sur les deux files. Dans nos grandes lignes, très soigneusement entretenues, cette considération a moins d'importance, mais pour des lignes ou l'entretien serait moins soigné, il est bon d'en tenir compte.

Nous avons cherché à comparer entre elles, sous ce rapport, quelques-unes de ces traverses et, pour cela, nous avons calculé leur moment fléchissant Le résultat de ce calcul, consigné dans le tableau suivant donne des chiffres simplement comparatifs.

Nous y avons joint le même calcul pour la traverse en bois de chêne qui peut être considérée comme la traverse type.

DÉSIGNATION	POIDS de la TRAVERSE	MATIÈRE	VALEUR DE R	MOMENT $\frac{RI}{V}$
Bois de chêne, 0,26/0,14.	»	Chêne.	60 *kg* par *cm*²	509
État Français	57	Acier.	8 *kg* par *mm*²	275
Traverse cannelée, type n° 3 . . .	47	Acier.	8 *kg* par *mm*²	363
Traverse cannelée, type n° 4. . . .	50	Acier.	8 *kg* par *mm*²	430
Traverse Goliath, n° 5.	65	Acier.	8 *kg* par *mm*²	570
Grand-Central Belge.	60	Fer.	6 *kg* par *mm*²	265
Traverse Z (Goliath).	95	Acier.	8 *kg* par *mm*²	853

Il résulte de ces chiffres que les traverses en fer sont généralement beaucoup moins rigides que les traverses en bois. Seules les traverses dites Goliath ont un moment supérieur à celui de la traverse en chêne.

CONGRÈS

DES

SOCIÉTÉS SAVANTES A LA SORBONNE

EN 1890

SECTION DES SCIENCES ÉCONOMIQUES ET SOCIALES

Séance du 31 mai 1890.

DES DIVERS MODES DE RÉMUNÉRATION DU TRAVAIL

PAR

M. A. GIBON

La section des sciences économiques et sociales du Congrès; comprend dans son programme, la question dont je transcris l'énoncé.

« Étudier, en France et à l'étranger, les institutions qui sont » de nature à faciliter *l'arbitrage et la conciliation* entre patrons et » ouvriers. »

C'est là, certainement, l'une des questions importantes du Congrès ; mais, la limite dans laquelle nous devons nous renfermer ne saurait nous permettre de la traiter complètement.

Un grand penseur de ce siècle, M. F. Le Play, répond à cette question par son beau livre de *l'organisation du travail,* qui est un résumé puissant de ses profondes études, en France et à l'étranger.

M. F. Le Play dit dans l'avertissement de cet ouvrage : « Je n'enseigne aucune vérité qui me soit propre, je me suis efforcé de » revenir au vrai. J'ai recherché, pendant de longs voyages, les » autorités sociales qui résident sur leurs établissements ; ma

» mission se réduit à exposer les vérités qu'elles m'ont ensei-
» gnées... »

« Mon enquête reste ouverte. »

Oui certes, l'enquête reste ouverte, elle restera longtemps ouverte; mais on peut dire qu'elle ne changera pas les conclusions que l'illustre maître a pu formuler dans l'œuvre magistrale que je viens de citer. Ces conclusions se trouvent résumées dans le chapitre II de ce livre qui porte pour titre :

La pratique du bien et du mal.

Ce chapitre établit, dans un paragraphe préliminaire, que la coutume conserve le bien à l'aide de six pratiques essentielles qui sont :

1° La permanence des engagements réciproques du patron et de l'ouvrier;

2° L'entente complète touchant la fixation du salaire ;

3° L'alliance des travaux de l'atelier et des industries domestiques, rurales ou manufacturières ;

4° Les habitudes d'épargne, assurant la conservation de la famille et l'établissement de ses rejetons;

5° L'union indissoluble entre la famille et son foyer;

6° Le respect et la protection accordés à la femme.

Telles sont les pratiques précisées par Le Play : pratiques sur lesquelles doivent s'appuyer les institutions qui sont de nature à faciliter la paix sociale entre patrons et ouvriers. Ce que le questionnaire appelle : *L'arbitrage et la conciliation.*

J'espère que le questionnaire voudra bien accepter la substitution de l'expression *paix sociale* à des termes, qui déjà font pressentir, que des différends existent ou peuvent exister, *là où nous cherchons, avant tout, la parfaite union.*

Vous pouvez comprendre, Messieurs, qu'il est impossible d'aborder ici un sujet aussi vaste... nous limiterons notre étude à la pratique n° 2, relative à l'entente complète touchant la fixation du salaire ; nous nous bornerons donc à traiter simplement des divers modes de la rémunération du travail, — en France et à l'étranger.

Notre travail sera nécessairement circonscrit; nous ne pouvons pas creuser la question du salaire dans le passé, il n'y a pas un grand intérêt à le faire.

Le salaire, sous toutes les formes que nous allons passer en revue, est la rémunération du travail. Le salaire de l'industrie

nous occupera particulièrement ; nous parlerons quelquefois de l'étranger, mais la revue générale des modes divers de la rémunération du travail comprendra tous les systèmes pratiqués, ou la généralité des systèmes pratiqués dans les divers pays.

L'étude sera divisée en deux parties :

La première traitera du travail à la journée, du système des tâcherons, du travail à la tâche, à la façon, à la pièce.

Nous parlerons de l'influence de la science et de la division du travail sur le salaire.

Nous traiterons des rémunérations complémentaires connues sous le nom de sur-salaire et de primes, nous en donnerons des exemples ; nous dirons quelques mots du système spécial de salaire pratiqué en faveur des employés dans les grands magasins.

Les subventions diverses, qui sont des salaires indirects, nous occuperont également ; par conséquent, les questions d'instruction, de logement, des sociétés coopératives de consommation, des caisses de secours pour les malades et les blessés, nous dirons ce que nous pensons de la liberté du travail au point de vue de l'ouvrier et nous exposerons quelques considérations générales sur le salaire.

La seconde partie traitera principalement du système de la participation aux bénéfices, des vues générales de ses fondateurs et de ses défenseurs, de ses résultats, de son avenir, des difficultés qui nous paraissent s'opposer à sa vulgarisation. Nous chercherons si, en nous appuyant sur les us et coutumes de notre pays, nous ne pourrions pas unir tous les intérêts et chercher un avenir tranquille, pour nos ouvriers, en appliquant une partie du salaire aux institutions de prévoyance. Nous nous appuyerons toujours dans toutes ces questions sur les principes de la plus saine liberté. Nous savons le rôle prépondérant que les Ingénieurs en général et particulièrement les membres de la Société des Ingénieurs civils, que nous avons l'honneur de représenter ici, ont aujourd'hui, fort heureusement, sur la fixation des salaires et nous tâcherons que notre étude réponde à leurs pensées élevées, au point de vue spécial qui nous est si cher, la paix des ateliers.

PREMIÈRE PARTIE

A l'origine, quand le servage fut aboli et que le salariat lui eut succédé, son mode le plus général et le plus simple a été la rémunération à la journée.

Il est probable qu'à cette époque, on a appliqué le procédé le plus convenable aux temps, mais il est bien reconnu aujourd'hui qu'il est, généralement, le plus contraire aux intérêts réciproques des ouvriers et des patrons.

En effet, l'ouvrier à la journée est toujours assuré d'un minimum fixe de salaire, son intérêt est évidemment de travailler le moins possible; il est bien certain de conserver son poste s'il ne se fait pas remarquer par une paresse ou une indifférence exagérées; quant au patron, il ne peut espérer un concours bien franc, bien dévoué quand il n'associe pas l'intérêt de l'ouvrier à son travail. Si l'ouvrier reçoit le même salaire, quand dans une journée il fait deux unités de produit ou quand il en fait une seule, il fera souvent cette seule unité.

Le travail à la journée peut cependant se comprendre, *au point de vue du patron*, quand l'ouvrier manœuvre et même, jusqu'à certain point, spécial, est encadré dans un personnel intéressé, car alors il est entraîné par ce personnel intéressé et doit suivre absolument les ouvriers chefs ; mais, dans cette hypothèse ; ce mode de rétribution n'est pas juste, il est encore cependant pratiqué par les ouvriers dits tâcherons, qui entreprennent un travail déterminé et restent les ouvriers chefs de l'entreprise ; ces ouvriers travaillent eux-mêmes avec une ardeur qui se comprend, et ceux qu'ils ont embauchés sont contraints à les suivre. Ce mode de travail est souvent pratiqué dans des entreprises de terrassement, il est aussi pratiqué dans l'industrie et particulièrement en Angleterre. J'en donnerai un exemple spécial dans la métallurgie et particulièrement dans la main-d'œuvre du laminage. Un laminoir peut occuper dix, douze, quinze ouvriers, en y comprenant les paqueteurs, les redresseurs, les cisailleurs ; on donne souvent le laminage à forfait au chef lamineur, et les ouvriers qu'il emploie sontles siens et non ceux du maître de forges. Ce chef ouvrier les choisit, règle leur salaire; ce salaire est réglé à la journée et l'ouvrier suit l'entraînement du chef tâcheron dès qu'il a accepté son service. Si actif que soit le travail, il est toujours payé le même

prix, On pourrait citer d'autres exemples nombreux; ils témoigneraient, comme celui des laminoirs, que ce genre de convention est toujours abusif; dans ces conditions, l'ouvrier travaille pour l'entrepreneur et son salaire reste le même, quel que soit son produit.

Le tâcheron est souvent un ouvrier de mérite par le savoir, l'activité, la quantité de travail qu'il produit et fait produire, mais il est dur pour ceux qu'il emploie et, il faut le dire, en général le chef ouvrier est plus exigeant pour ceux qui sont sous sa dépendance que ne le serait le patron le plus rigide. Son intérêt sera toujours d'obtenir de ses ouvriers un maximum de produit; il exigera toujours ce maximum. Le tâcheron n'est juste que quand il répartit à la tâche le travail dont il a l'entreprise; l'ouvrier a ainsi une partie de l'entreprise, il devient associé et gagne proportionnellement à son chef (1). C'est ce que les directeurs d'usine, les ingénieurs, font très souvent et c'est là un des caractères du travail à la tâche dont je vais parler.

Le travail à la tâche, à façon, à la pièce, se comprend par son énoncé et veut dire qu'un ouvrier est payé pour un produit défini. Il aura un salaire déterminé pour la confection d'une douzaine de paniers, d'une paire de bottines, d'une tonne de fer brut ou fini, d'une tonne de tôle; il sera payé à tant pour une surface déterminée d'ajustage, à tant pour l'abatage d'une tonne de houille, à forfait pour un travail trop complexe pour être autrement défini, il faut seulement que ce travail soit bien fait, par conséquent, ce travail doit être vérifié et reçu.

Ce mode de rémunération du travail n'est pas toujours approuvé, on dit qu'il exploite l'ouvrier, en ce sens qu'il peut le surmener; le fait se produit quelquefois, mais il est difficile à éviter, tous les hommes courageux se surmènent. Ce qui est certain, c'est que ce mode de travail est très généralement conforme à l'intérêt de l'ouvrier comme il est dans l'intérêt de son patron, — l'ouvrier est payé suivant son travail, conformément à des conditions convenues après avoir été débattues, — rien n'est plus clair, plus simple, plus juste, plus libéral.

Il est applicable à presque toutes les industries, il s'applique parfaitement à la division du travail, qui est la conséquence de l'organisation moderne de toute industrie importante, qu'on soit filateur ou mineur, forgeron ou fabricant de pianos, tailleur ou

(1) *Le Salaire, au point de vue statistique, économique et social*, par E. Cheysson, bureaux de la Réforme sociale, 174, boulevard Saint-Germain.

mécanicien, fabricant de papier ou occupé dans une raffinerie, fondeur ou ajusteur, tous peuvent travailler à la tâche et concourir ainsi au succès de leur industrie, parce que leur intérêt personnel est d'accord avec celui des compagnies qui les emploient; il faut seulement que ces conditions soient bien débattues, bien connues, bien acceptées.

Ce n'est pas là sûrement une mince difficulté, la lutte sera toujours vive pour fixer ces conditions : le patron, souvent, les imposera aussi réduites que possible; l'ouvrier, de son côté, les exagérera, et l'ouvrier, qui n'est pas souvent maître d'attendre, qui a besoin de vivre et de faire vivre les siens, pourra se trouver dans l'obligation morale d'accepter. Le patron n'impose pas toujours un faible salaire par amour du lucre, ni par l'abus qu'il peut souvent faire de sa position. Non. Cela peut se produire et certainement cela se produit, mais il arrive aussi fréquemment que le patron est contraint de réduire le salaire par le prix de vente du produit qu'il fabrique. Aujourd'hui, tous les produits ordinaires sont à vil prix, les conditions de vente sont pour ainsi dire les conditions de revient; quand un article n'est pas protégé par un brevet ou par une qualité, une perfection exceptionnelles, le salaire de l'ouvrier qui le produit est très limité et c'est là, il faut bien le reconnaître, l'état presque général.

Une autre condition qui va aussi se généralisant de plus en plus et qui est de nature à limiter le salaire, c'est le progrès des sciences et, par suite, de l'industrie, qui remplace les artisans par les manœuvres et limite de plus en plus l'action de l'ouvrier spécial. Tout tend à se faire par des machines. Un ouvrier chef dirige et gagne un salaire suffisant, les autres sont des manœuvres, et le prix de salaire du manœuvre n'a jamais été et ne sera jamais bien élevé, par cette raison que le manœuvre n'est pas rare; il est à remarquer que ce salaire de manœuvre, s'il n'est pas resté constant, est bien loin d'avoir profité de la progression du salaire que l'on constate en faveur des ouvriers spéciaux.

Voici quelques exemples de cette situation; ce que nous allons en dire est relevé dans la pratique la plus courante de diverses industries.

Prenons la fabrication de la fonte en France : les hauts fourneaux au bois, aujourd'hui supprimés, produisaient il y a cinquante ans 4 à 5 *t* par vingt-quatre heures; ceux au coke, 10 à 12 *t;* ces derniers produisent aujourd'hui couramment 100 *t* et plus, mais le

chiffre de 100 *t* est ordinaire; il suffit donc d'un chef ouvrier là où il y en avait dix pour les fourneaux au coke et vingt pour ceux au charbon de bois. L'acier, qui se fabriquait au creuset, par charges de 20 *kg*, se produit aujourd'hui par charges de 10 000 *kg* et plus dans les fours Martin-Siemens et dans les appareils Bessemer, et l'ouvrier chef a un travail plus simple pour une production de 10 000 *kg* que le fondeur au creuset pour 20 *kg*. Le rail se fait en acier, le prix en a été réduit jusqu'à 10 *f* les 100 *kg;* il y a cinquante ans, il se fabriquait en fer et coûtait 40 *f*; on avait grand'peine à produire 12 à 15 *t* en douze heures par laminoir; aujourd'hui, on produit plus de 100 *t*. Toutes les opérations se font mécaniquement, un chef de train suffit, les ouvriers qui l'aident sont des manœuvres.

La fabrication des glaces s'est transformée plus complètement encore : un mètre carré de glace, qui coûtait, en 1802, 205 *f*, ne coûte aujourd'hui que 30 *f*. La Compagnie de Saint-Gobain a exposé, en 1889, une glace de 34 *m* de surface, la plus grande, à beaucoup près, qui ait jamais été coulée.

La fabrication des machines à vapeur, qui longtemps a été réglée au prix de 1 000 *f* par cheval, coûte aujourd'hui de 150 à 200 *f*, par suite du prix réduit des métaux, du meilleur parti qu'on sait tirer de la vapeur, de la puissance et de la perfection mécanique de l'outillage des ateliers. L'ouvrier ajusteur, l'ouvrier tourneur ont toujours leur place dans l'atelier, mais ils y font un travail décuple de celui qu'ils faisaient il y a cinquante ans.

La valeur personnelle de l'ouvrier, l'artisan proprement dit, est remplacée partout par les procédés, et les procédés s'appuient sur la science; il y a là certainement de grands progrès et sans doute ces progrès s'harmoniseront avec l'intérêt social, je ne veux pas le mettre en doute, je l'affirme ; toutefois, en ce moment, ils bouleversent les conditions du travail, par cette raison qu'ils limitent et réduisent dans une proportion énorme le nombre des chefs ouvriers nécessaires à un tonnage défini de produits.

La division extrême du travail est aussi une cause qui réduit le nombre des artisans complets. Les ouvriers ont chacun leur spécialité, non pas la spécialité d'un article, mais la spécialité des éléments divers qui constituent cet article; on en trouve des exemples partout, principalement dans les objets un peu complexes, ainsi dans la confection des pianos, dans la confection du mobilier, également dans les confections les plus simples; les

tailleurs, les couturières, les modistes, les fleuristes; un tailleur ne fait plus un habit, une fleuriste un bouquet, il y a des spécialités pour telle ou telle fleur. La robe, l'habit sont divisés en cinq, six ou huit parties, chaque ouvrier fait sa spécialité, l'un les manches, l'autre la jupe, l'un des boutonnières, l'autre le corsage, etc., etc., et c'est l'ouvrier spécial qui réunit les éléments de la robe, de l'habit et du bouquet.

Que l'on examine le travail dans la grande industrie, dans la moyenne industrie, dans les confections courantes, on arrivera toujours à cette conséquence : que le chef ouvrier, l'artisan complet sont de plus en plus rares et que le mérite du travailleur se limite de plus en plus, qu'il arrive presque toujours, dans tous les cas le plus souvent, à pratiquer un travail qui est un travail de manœuvre.

J'entends souvent regretter que les apprentis font défaut dans de nombreux corps d'état et cela est vrai, n'est-on pas amené à dire que si l'apprenti fait défaut, c'est parce que l'ouvrier spécial lui-même n'existe plus qu'à l'état relatif d'exception; pour être artisan complet dans des états spéciaux, il fallait dans le passé un labeur continu de plusieurs années. Si l'artisan complet se divise en vingt spécialités diverses, le temps qu'il faudra pour apprendre le vingtième d'un état est insignifiant; on est vite ouvrier, mais on ne sait rien de complet.

L'artisan, à quelque point de vue qu'on se place, perd de son importance, il était rare et recherché ; son travail se faisant aujourd'hui par des manœuvres, on en trouve partout, de là une réduction relative dans le salaire.

Il convient d'observer cependant, que cette transformation dans le travail justifie, au point de vue du salaire, certaines compensations. L'ouvrier spécial devient particulièrement habile, il peut produire beaucoup ; sans doute comme une machine active, mais enfin il produit, son salaire doit être à la tâche, il l'est très généralement, et, de plus, il lui est accordé souvent un sursalaire ; ainsi, un ouvrier est payé à la douzaine d'un détail de confection, sa production normale par 12 heures sera, je suppose, de dix douzaines, son patron a souvent intérêt à ce qu'il dépasse ce chiffre, alors il payera la onzième douzaine un prix plus élevé, la douzième plus encore ; il aura ainsi un sursalaire de production.

Il peut aussi avoir un sursalaire de perfection de travail, un sur-

salaire de qualité de produit; ces sursalaires sont appliqués très fréquemment.

Ils ont tous un avantage commun, c'est qu'ils lient l'intérêt de l'ouvrier à celui de sa maison; le sursalaire, en général, a pour effet direct de réduire le chiffre de frais généraux appliqué à une quantité de travail définie; quand il s'applique à la perfection du produit, il est l'honneur de la maison, il augmente sa considération, il vulgarise son produit.

Le travail à la tâche et le sursalaire sont des modes de rémunération qui, non seulement ont l'avantage d'être en accord avec tous les intérêts, mais ils en ont un particulier, auquel les ouvriers sont très sensibles, c'est qu'ils sont parfaitement compris du travailleur et que le patron ne peut en abuser; le travail, rémunéré, sur la production est toujours payé régulièrement, le sursalaire de même; le compte est facile à établir, c'est là un très grand mérite... L'ouvrier tient à bien comprendre les relations de son travail avec son gain, jamais, dans les conditions diverses qu'on peut appliquer, on ne doit négliger cette condition capitale. qu'il faut avant tout que *l'ouvrier puisse très aisément contrôler son salaire*.

Après le travail à la tâche, après le sursalaire de production ou de perfection, nous devons parler du système des primes qui, souvent, est lié au salaire à la tâche, voici en quoi il consiste:

La confection d'un produit défini, à chacune des étapes de sa fabrication, met en œuvre, une matière ou des matières, qui subissent un déchet plus ou moins considérable, suivant la capacité et le soin de l'ouvrier qui les emploie; de même cette production, quelle qu'elle soit, nécessite des appareils, des laboratoires, qui ont besoin de force motrice pour les mettre en œuvre et qui s'altèrent plus ou moins, la force motrice est plus ou moins bien utilisée, les appareils sont plus ou moins bien entretenus, plus ou moins économiquement conduits.

L'ouvrier qui limite les déchets, qui réduit au minimum les matières de prix, qui utilise au mieux la force motrice, qui entretient les appareils et laboratoires avec le moins de frais, celui qui, en un mot, réduit à leur minimum les frais de matières premières, les frais de force motrice, les frais d'entretien, mérite un intérêt dans ces économies; c'est cet intérêt qu'on définit généralement par cette expression « la prime ». On dit volontiers :

« Nous donnons ou nous avons donné une *prime* sur tel élément de notre production. »

Voici quelques exemples : un ouvrier chauffeur de chaudières produit de la vapeur ; pour produire cette vapeur, il brûle de la houille; le chauffage bien conduit et la chaudière en bon état, on obtient, je suppose, 8 à 9 *kg* de vapeur à six atmosphères par kilogramme de houille. Si, au contraire, le travail est négligé comme chauffage et entretien, on n'a que 6 *kg*. Le chauffeur capable et soigneux mérite une prime, et cette prime doit être une partie de l'économie réalisée. Je dis une partie, parce que les résultats sont toujours dus à un ensemble de mesures qui intéressent la direction d'une fabrication et auxquelles l'ouvrier coopère; il en a rarement l'initiative et le mérite absolus. Cet exemple de la production de vapeur peut s'appliquer à presque toutes les industries.

La consommation de houille, pour tous les produits qui se travaillent à une température élevée, peut être généralement l'objet d'une prime, pour l'ouvrier qui produira son unité définie, avec la plus faible consommation.

L'économie sur le déchet, plus ou moins limité, sur des matières qui subissent plusieurs opérations avant d'arriver à la perfection du produit cherché, est une condition notable du revient. L'ouvrier a toujours une grande action sur ces déchets; il est d'un intérêt capital de les réduire au minimum.

L'économie dans l'outillage, faire dans un four le maximum de production au plus faible entretien.

Entretenir les machines avec une dépense minima de graisse, d'huile, de telle ou telle matière.

Je vais citer un exemple frappant d'une importance considérable et très sensible, qui fixera bien sur cet élément de rémunération de salaire qu'on appelle la prime. J'ai déjà eu occasion de l'indiquer, mais il est ici tellement à sa place qu'on me pardonnera de le répéter.

Cet exemple est pris sur la fabrication du fer-blanc.

On sait que le fer-blanc est composé de deux métaux : fer ou acier et étain. Le fer-blanc se vend par caisse, la caisse-type comprend 225 feuilles et pèse 53 *kg*. Il y quarante ans environ, en France comme en Angleterre, on dépensait par caisse de fer-blanc environ 4 *kg* d'étain ; aujourd'hui, par l'application de procédés divers et par des soins spéciaux, on est parvenu à réduire la con-

sommation de plus de moitié ; mais, pour arriver à cette réduction considérable, il a fallu le concours intelligent et très attentif du personnel ouvrier chargé du service de l'étamage ; ce concours devait être rémunéré... Je me suis occupé pendant plus de trente-cinq ans de ma vie industrielle de cette fabrication et, dès mes premiers pas dans cette industrie, j'ai intéressé très sérieusement l'ouvrier à l'économie de cettte importante dépense, soit avec les anciens procédés, soit avec les nouveaux... J'ai attribué à l'ouvrier le tiers de l'économie, les procédés devant y conduire sûrement... J'ai toujours réussi, pour ainsi dire du premier coup, à faire bien comprendre les divers systèmes employés, si complexes et si délicats qu'ils fussent, et ce résultat a été de doubler le salaire du personnel, non pas des chefs ouvriers seulement, mais de tous ceux attachés à l'étamage.

Ces primes sur les économies présentent de sérieux avantages : d'abord, la concordance des intérêts des ouvriers et du patron se trouve absolue ; puis, ce mode de rétribution est parfaitement compris, l'ouvrier peut calculer presque chaque jour le profit qu'il lui apporte ; en troisième lieu, il moralise le personnel ouvrier, parce qu'il lui fait respecter les intérêts de la maison pour laquelle il travaille... ; il travaille en effet pour une compagnie comme s'il travaillait pour lui-même et, de fait, il travaille pour lui : puisqu'il a, par la prime, une part des économies qu'il réalise. Enfin ce système a encore un autre avantage, le plus précieux peut-être : il réduit le prix de revient du produit, il en permet la vente à un prix plus modéré, il permet au pays qui l'applique d'arriver au minimum du revient.

Ce sont là de précieux résultats.

Le système du travail à la tâche amélioré par les sursalaires pour l'augmentation et la perfection de la production, moralisé par les primes d'économie pour les frais d'entretien divers, pour la réduction des déchets et des frais de toute nature, me paraît un ensemble d'un grand prix et favorable à des combinaisons variées qui activent la production et peuvent aider à la fortune d'un pays. Cet ensemble a pour caractère marqué d'être parfaitement apprécié de l'ouvrier, d'être pour lui parfaitement clair : il a pour résultat de diviser la rémunération du travail, de façon à encourager l'ouvrier à réaliser des épargnes en appliquant à ces épargnes ce qui est qualifié sursalaires et primes ; et, dès que l'ouvrier réalise des épargnes, quand il peut appliquer à cette

bienfaisante pratique une partie de son salaire, il devient un autre homme, il gagne chaque jour en moralité, il applique le principe supérieur du sacrifice, il touche à la vertu... et c'est ainsi qu'on peut relever des hommes qui le méritent à tant de titres par leurs labeurs et par leurs épreuves... Ceux qui vivent dans ces milieux, savent apprécier les qualités des travailleurs et jugent des conséquences de ces modes de salaires, si favorables à tous égards à tous les intérêts. Malheureusement on n'a guère appelé l'attention sur ces modes de salaire ; dans tous les cas, ils sont restés confondus. Nous verrons si l'on ne doit pas les distinguer, leur donner la place qu'ils méritent et chercher à en appliquer une partie aux institutions de prévoyance.

Nous allons jeter un rapide coup d'œil sur ce que j'appellerai les salaires indirects ou les subventions ; ils ne sont pas d'hier, ils ont leur importance, ils touchent au foyer, aux maladies, aux accidents, à l'économie de la vie, à ses distractions utiles, au repos.

Bien que nous nous occupions ici tout particulièrement du salaire industriel, il n'est pas sans intérêt d'exposer en quelques mots un système de salaire très pratiqué aujourd'hui dans les grands magasins et qui résout parfaitement l'union des intérêts de l'employé et du patron.

Ce système consiste à régler le salaire de l'agent d'après l'importance de sa vente. Les détails du système peuvent varier et varient en effet suivant les convenances de la maison, suivant le mérite de l'employé... En général, l'employé reçoit un fixe très limité et une prime proportionnelle au chiffre de vente. La prime varie suivant l'intérêt que la maison peut avoir à écouler tel ou tel article. Il sera plus élevé pour les articles démodés que pour ceux recherchés par la mode ou leur nouveauté. Il y a là, on le comprend, des combinaisons très diverses qui mettent en jeu l'habileté spéciale du vendeur et l'intérêt de la maison qui l'occupe. Mais, en tout état, ses intérêts sont liés et c'est en raison de ce lien précieux, qui est la condition capitale de la paix, que nous indiquons ce mode de rémunération, bien qu'absolument il soit en dehors des salaires des ateliers.

Quel que soit le mode de rémunération du travail, il est une pratique que ne doit jamais négliger un industriel qui a conscience de son devoir.

C'est non seulement celui d'encourager la permanence des engagements en accordant aux anciens ouvriers des avantages spéciaux, soit des primes d'ancienneté, particulièrement des logements à prix réduits ou gratuits, ou des emplois de confiance, qui exigent peu d'efforts, mais qui rendent encore de précieux services. De légères indemnités, combinées avec celles qui peuvent être réglées par les caisses de secours, quand l'ancien ouvrier qui a donné vingt-cinq ou trente ans de sa vie, et plus à une même maison, ne peut plus faire aucun travail utile. De cette façon, le vétéran du travail peut conserver dans sa famille une situation honorée, ce point était à signaler; on comprend que nous ne puissions ici faire plus que l'indiquer, il touche surtout aux institutions patronales, nous allons en parler.

Il est bien rare, de nos jours, que l'ouvrier soit propriétaire de son foyer : très généralement il est en location, et la date du terme est toujours pour lui un moment fort dur; ce n'est pas là le plus grand mal que l'ouvrier et les siens aient à souffrir pour le logement, la plaie morale est encore bien plus grave que la plaie d'argent. Je ne rappellerai pas ici des travaux connus de tous ceux qui sont au courant de la très grave question du logement de l'ouvrier; je citerai seulement avec respect les noms de quelques publicistes qui les ont produits, ceux qui ont le plus marqué : MM. Maxime du Camp, d'Haussonville, G. Picot, Delaire, E. Cheysson, Raffalovich, etc., etc.; tous signalent les logements malsains, malpropres, honteux, qui sont, pour ainsi dire, imposés aux ouvriers dans les grandes villes. Il nous a été donné de visiter quelques-unes des cités qui les constituent, notamment la cité Jeanne-d'Arc, et nous avons été frappé du prix élevé des logements et de leur insuffisance, de leur mauvaise tenue et, plus encore, de l'état presque général de promiscuité que leur examen met en évidence. Les travaux du docteur du Mesnil, chargé du service de salubrité de l'arrondissement dans lequel se trouve cette cité, le démontrent surabondamment; en effet, il n'est pas rare de trouver dans ces taudis un ménage de quatre, cinq, six enfants et plus, et d'avoir la preuve que des enfants et des jeunes gens de sexe différent sont contraints de coucher dans le même lit, sur le même grabat. Je n'ai pas à en dire plus, mais ces quelques mots feront apprécier le service élevé qu'un patron rend à ses ouvriers quand il met à leur disposition un foyer à bas prix, un foyer sain, suffisant, dans lequel les enfants des deux sexes sont séparés : c'est ce qu'on trouve souvent dans l'industrie. Sans doute, il y a foyer et

foyer, nous savons que le meilleur est celui qui place une famille dans une situation absolument indépendante de voisinage désagréable, importun, malpropre et de conduite douteuse ou mauvaise...; mais souvent ces conditions sont remplies, du fait de la surveillance qui s'exerce dans les grandes usines. C'est toujours beaucoup, dans tous les cas, d'être logé dans un ensemble de logements surveillés, et c'est là un des points précieux qui doivent préoccuper les chefs d'industrie, non seulement à tous les points de vue que nous venons de signaler, mais encore dans leur propre intérêt, afin qu'ils aient, au service de leurs travaux et chez eux, des hommes d'une moralité certaine, vivant et se reposant dans un logement honorable, au milieu d'une famille qui se respecte; — c'est là, je le redis volontiers, d'un très grand intérêt, et souvent on verra, pour toutes les questions qui touchent au patronage, que l'intérêt est lié au bien réciproque. Nous comprenons dans ces termes : « intérêt et bien » ce qui touche à la fois le patron et l'ouvrier ; l'intérêt de l'un doit être l'intérêt de l'autre, et de même le bien, car ce qui est intérêt et bien pour l'un des deux seulement est très souvent le mal de l'autre.

Un mot encore, si bref qu'il doive être ici, en ce qui touche les logements des ouvriers dans les villes ; il est absolument impossible qu'on visite des bouges comme ceux qui, en général, servent à Paris de logements aux ouvriers, sans accuser la société d'un abandon coupable et condamnable. La société anglaise l'a compris, et déjà près de 20 000 foyers sains, d'un prix modéré, procurent à l'Anglais *the home* qui leur est justement si cher. Nous avons à Paris près de 60 000 foyers indignes d'un pays comme la France, indignes, du reste, de tous les pays; plusieurs hommes de cœur, et à leur tête M. Picot, ont jeté le cri d'alarme : il faut que ce cri soit entendu.

Sans doute, l'Assistance publique pourrait donner l'exemple; mais combien il serait préférable et plus digne que cet exemple fût donné par des particuliers, par des Sociétés créées à l'exemple des Sociétés anglaises, qui règlent les questions de loyer de façon à avoir 4 0/0 de leur argent, et qui souvent appliquent ces intérêts à l'extension de ces constructions, qui rendent aux populations des services si précieux ! Quand l'ouvrier a son foyer assuré dans les conditions que nous cherchons, que nous indiquons, c'est déjà pour lui un grand bien ; il en est d'autres à rechercher, qui existent chez de nombreux industriels et qui devraient exister partout : je veux parler des caisses de secours.

Si répandues que soient les caisses de secours dans la grande industrie, elles ne sont pas encore assez connues, et, dans la discussion parlementaire relative aux accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail, tous les industriels ont pu se convaincre que cette ignorance existait même chez beaucoup d'hommes dont le devoir serait de les bien connaître, chez les hommes qui, dans la politique, occupent les situations les plus élevées, et, ce qui surprend le plus, chez ceux qui ont sous la main des travaux importants sur la question, travaux qui ont été demandés au corps des Mines par les ministres eux-mêmes.

Je citerai donc d'abord le rapport de M. O. Keller, Ingénieur en chef des Mines (1), prescrit par une circulaire du Ministre des Travaux publics du 28 mai 1883, et duquel il résulte que, « particulièrement dans les grandes Compagnies houillères, des institutions de prévoyance très variées fonctionnent très généralement, et que presque tous les mineurs sont appelés à en profiter. Leur organisation est due à l'initiative des exploitants. Non seulement les caisses de secours sont fondées en faveur des ouvriers blessés, mais elles s'étendent aux malades, et plusieurs d'entre elles ont des caisses de retraite bien dotées et dont le fonctionnement présente de sérieuses garanties ; généralement, le service médical est organisé d'une façon très complète ».

C'est M. O. Keller qui parle ainsi, et il ajoute que les frais de ces caisses de secours se sont élevés à 5 232 000 *f* en 1882, soit à 0,25 *f* par tonne de houille, c'est-à-dire au double de l'impôt, et l'auteur fait observer que ces sacrifices ne comprennent point les frais des cités ouvrières, des écoles, des allocations gracieuses de charbon, etc., etc.

M. Vuillemin publie, dans la 2e série de ses opuscules, qui traitent de toutes les questions qui intéressent l'exploitation des mines (N° 1, juin, 1883), un résumé des institutions de secours et de prévoyance créées en faveur des ouvriers mineurs ; pour les ouvriers du nord de la France, il établit les chiffres des dépenses en 1882 ; elles s'élèvent à 3 545 792,08 *f* pour 32 849 ouvriers : c'est par ouvrier 107,94 *f*. Ces sommes ne s'appliquent pas seulement aux blessés et aux malades, au service médical et aux hospices, mais encore aux écoles, au chauffage, à des encouragements divers.

(1) *Annales des Mines*. — Livraison de septembre-octobre 1884.

Récemment, en 1889, M. J.-B. Marsaut, Ingénieur en chef de la Compagnie houillère de Bessèges, a publié un volume grand-octavo de 135 pages, dans lequel il expose tout ce que la Compagnie fait aux points de vue divers des secours, des retraites, de l'épargne, etc. Rien n'est plus intéressant que ce travail très remarquable.

La Compagnie de Blanzy vient de produire une publication analogue; elle établit que ses œuvres de prévoyance lui coûtent annuellement 1 118 995,89 *f* et beaucoup encore sont portées pour mémoire.

Nous ne finirions pas si nous voulions citer tout ce [illegible]. Nous voulons dire seulement que si le gouvernement [illegible] plusieurs années étudie les conditions à faire aux ouvriers [illegible]times des accidents du travail, avait voulu se servir, [illegible] base de cette grave étude, des faits pratiques qu'il pouvait [illegible] et que même il a recueillis, la loi serait plus avancée et s'appuierait sur des pratiques appréciées des ouvriers.

Nous devons indiquer la constitution de ces caisses. [illegible] alimentées diversement; elles reposent souvent sur une [illegible] sur le salaire, combinée avec une allocation des patrons [illegible] quefois elles sont intégralement alimentées par les [illegible] l'ouvrier malade ou blessé ne jouit pas des bienfaits [illegible] de secours fondée dans ce double but, il est prompt[illegible] la misère, car il ne gagne plus rien et alors il souffre to[illegible] pour lui et les siens, le désespoir le saisit, il ne fa[illegible] guérison ; — mais, si une caisse de secours lui four[illegible] ment les soins du médecin, les médicaments nécessa[illegible] outre, il reçoit une allocation de 30 à 40 0/0 de son [illegible] se sent pas abandonné, il reprend courage, sa fe[illegible] avec sécurité pour tout ce qui l'entoure, il ne son[illegible] rison, qui lui permettra de reprendre son travail. —[illegible] institutions patronales, les caisses de secours sont [illegible] pensables et elles ont absolument ce caractère [illegible] proque qui établit et consolide la paix sociale; [illegible] l'ouvrier, c'est incontestable ; elles sont égale[illegible] tron, qui conserve son personnel et l'attache à [illegible] qu'à ses intérêts; c'est là certainement une inst[illegible] la permanence des engagements, principe ca[illegible] des entreprises industrielles.

Les caisses de secours ne subviennent pas [illegible]

des malades et des blessés, plusieurs ont organisé le précieux service des retraites ; les Compagnies sont généralement disposées à entrer dans cette voie, et c'est encore en s'adressant à elles par une enquête sincère que le gouvernement trouverait les meilleures bases d'une institution sérieuse ; on peut consulter à cet égard l'opuscule nº 18 de la 2e série de M. Vuillemin (1) et les documents déjà signalés des Compagnies de Bességes et de Blanzy ; on pourrait consulter avec le même fruit les institutions patronales de notre grande Compagnie d'Anzin. Il en est d'autres très nombreux que pourraient fournir nos industries les plus considérables et les plus diverses. Rien n'est plus élevé que cette pensée de songer à la vieillesse des travailleurs, rien n'est plus délicat ; il faut chercher un terrain où les sacrifices du patron s'appuieront sur ceux des ouvriers eux-mêmes, il faut de la prudence et aussi de la persévérance ; mais il ne convient pas de chercher une solution par des mesures hâtives qui pourraient elles-mêmes compromettre le résultat désiré : ce résultat doit toujours être la paix sociale et l'union des travailleurs avec leurs chefs.

Si le foyer sain, convenable, à prix modéré, est indispensable à l'ouvrier, si les caisses de secours lui rendent les plus grands services, si des subventions patronales permettent ces résultats que je n'ai fait qu'indiquer, il est une mesure d'une application quotidienne qui demande seulement de la part du patron la bonne volonté, qui n'exige aucun sacrifice d'argent, qui me paraît imposée plus que jamais : c'est la recherche et l'application du principe coopératif à la bonne économie de la vie.

Les exemples abondent ; les Compagnies d'Anzin, de Saint-Gobain, de Châtillon et Commentry et bien d'autres ont toutes encouragé les institutions de Sociétés anonymes coopératives de consommation ; toutes ont réussi complètement, et, depuis plus de vingt années, leurs résultats remarquables sont connus de tous ceux qui se sont intéressés à la coopération ; il faut ajouter à ces exemples des grandes Compagnies, ceux très nombreux appliqués aux industries des environs de Montbéliard, qui remontent également à plus de vingt années (2). Ce sont « la Fraternelle », de Terre-Blanche ; « la Fraternelle », de Valentigney ; « l'Union », d'Audincourt ; « l'Epargne », de Sainte-Suzanne ; la Société de consommation de Rondelot, la Société coopérative alimentaire de Beaucourt,

(1) Douai, Imprimerie Paul Dutilleux.
(2) Imprimerie Ch. Jacot et Cie, Audincourt.

« la Fraternelle », de Badevel; « la Mutuelle », de Colombier-Fontaine; « la Fraternelle », de Montbéliard; la Société civile de consommation d'Héricourt; « la Fraternelle » des ouvriers horlogers d'Héricourt; « la Fraternelle » de Seloncourt, « l'Union syndicale des ouvriers horlogers du pays de Montbéliard ». Je cite les titres de toutes ces Sociétés pour bien montrer comment elles se développent sous l'influence bienfaisante du patronage et par leur propre initiative. Je ne dirai rien de leurs statuts, ils présentent des différences notables et reflètent des préoccupations diverses; mais toutes ces Sociétés recherchent et obtiennent l'économie de la vie, toutes ont pour effet d'établir l'ordre dans les ménages, car toutes vendent au comptant; toutes permettent aux acheteurs de réaliser l'épargne, car toutes réalisent des bénéfices, et ces bénéfices, distribués ou réservés, sont appliqués aux ouvriers au prorata de leurs achats et tombent dans leurs sacoches sans effort personnel. Ils peuvent donc les économiser et les appliquer soit à la construction d'un foyer, soit à l'achat de valeurs de tout repos, et, comme l'économie appelle l'économie, beaucoup y ajoutent des sommes légères qui s'accumulent et conduisent l'ouvrier à l'indépendance.

Je ne parle ici des Sociétés coopératives de consommation que dans l'intérêt de l'ouvrier. Je n'en parle qu'au point de vue de l'économie de la vie et de la sécurité qu'elle lui procure, de l'épargne qu'il y trouve et du sentiment qui le conduit à l'accroître. Ce sont là toutes conditions excellentes, qui mettent l'ouvrier à l'abri de l'exploitation du marchand, qui le mettent aussi à l'abri des dettes qui le conduisent à la misère; c'est déjà beaucoup.

Il convient d'observer que les ménages d'ouvriers ne sont pas constitués de façon à chercher par eux-mêmes l'économie de la vie; partout où se trouve l'industrie, se trouvent aussi des gens qui exploitent l'ouvrier par des tentations à sa portée : le cabaret, les cafés chantants, le faux luxe, etc., etc... La Société coopérative porte l'ouvrier à régler ses dépenses d'après son gain, à augmenter le bien-être utile des siens, à l'éloigner du cabaret, à constituer l'épargne. Ce sont là de grands résultats et c'est en grande partie au patronage qu'on les doit. A cet égard, il est vrai que le patron doit se préoccuper de la gestion de ces Sociétés; il le fait généralement, soit directement, soit indirectement. C'est son devoir de le faire, car, là comme partout, l'autorité et le savoir sont indispensables au succès.

Il faut dire encore que la tendance de ces Sociétés est, en ce

moment surtout, de songer à l'avenir; elles sont disposées à faire une large part à la prévoyance; c'est là un fait à signaler, il est de grande importance. Cette idée est défendue avec ardeur par le journal *les Coopérateurs français*; on ne saurait trop y applaudir.

Le succès général des Sociétés de consommation est la conséquence des faits que nous venons de signaler et aussi de la liberté absolue, qui est laissée à tout sociétaire, de s'approvisionner comme il l'entend; tout serait compromis si la liberté individuelle était atteinte.

Un journal de Nîmes, *la Coopération*, rédigé par des hommes de grand mérite et de grand talent, juge médiocres les résultats acquis et voudrait réserver les bénéfices de ces Sociétés pour les appliquer à la constitution des Sociétés coopératives de production. Nous craignons que ce ne soit là une erreur. Les Sociétés de consommation procurent de grands avantages; il faut laisser l'ouvrier maître de son épargne, cette épargne est sacrée, il ne faut pas l'aventurer dans des créations qui, jusqu'à présent, n'ont, en général, donné que des résultats médiocres et souvent négatifs; il n'est pas nécessaire d'établir des liens aussi étroits entre deux genres de Sociétés absolument distinctes. Qu'on essaie de nouveau des Sociétés coopératives de production; celles qui seront prospères attireront aisément à elles les épargnes des premières, et la solution cherchée sera trouvée à l'avantage de tous.

Nous avions dit que nous examinerions les subventions qui améliorent directement ou indirectement les salaires; les loyers, les caisses de secours peuvent être et sont généralement des subventions directes. Les Sociétés coopératives qui procurent l'économie de la vie ont un caractère supérieur, qui conduit l'homme d'expérience à rendre service à ses semblables: c'est encore là une cause d'union.

Nous ajouterons quelques mots au sujet des mesures patronales: elles sont relatives aux distractions. Toutefois, nous ne ferons qu'indiquer ces mesures, nous ne pourrions ici leur donner tout le développement qu'elles méritent.

Si l'homme est condamné au travail, il est pour la même raison soumis au repos, et le repos matériel ne saurait lui suffire. L'homme ne sera jamais une machine soumise à l'activité et dont l'entretien se fera par la nourriture et le repos matériel; l'homme a besoin de jouissances plus élevées et la première, celle qui est indispen-

able à toute société, à celle qui se dit arrivée au summum de la civilisation, comme à celle qui est encore à l'état primitif, c'est la religion qui trouve son expression générale dans le Décalogue ; elle est le plus grand bien, parce qu'elle appuie l'homme sur les grandes vérités, parce qu'elle lui fait comprendre et pratiquer le sacrifice, parce que seule elle peut le conduire à la vertu. A côté de la religion et s'appuyant sur elle, il faut à l'homme le repos moral, les saines distractions; les chefs d'industrie qui comprennent leur devoir les procurent à leurs ouvriers. Les moyens en sont très variés, ils dépendent beaucoup des us et coutumes des diverses contrées ; les plus élevés sont ceux qui se rattachent à des principes généraux : les fêtes de Sainte-Barbe, de Saint-Éloy, de Saint-Joseph pour les mineurs, les forgerons, les charpentiers, etc., etc.; L'administration d'orphelinats, d'ouvroirs, de cours d'adultes, la création de bibliothèques, de cercles; puis l'organisation de Sociétés qui permettent à l'homme de développer ses facultés physiques: la gymnastique, le tir, l'escrime; la musique, le chant dans les écoles, les fanfares, les harmonies, qui intéressent si vivement les exécutants et toutes les familles.

Enfin, les Compagnies ne peuvent se désintéresser de l'instruction, c'est un sacrifice qu'elles doivent s'imposer ; l'instruction professionnelle réclame surtout leur attention ; c'est en général le moyen le plus efficace pour elles de préparer une population qui saura satisfaire à tous ses devoirs et qui aura toutes les qualités pour prospérer.

En traçant rapidement ce tableau succinct, mais assez complet des institutions patronales qui, sous formes diverses, viennent compléter le salaire, en attachant l'ouvrier à son travail, à sa famille, et lui faisant toucher du doigt combien il lui importe de s'allier au capital, d'en être l'ami, au lieu de se joindre à ceux qui l'attaquent sans cesse et qui en sont l'ennemi, nous ne nous illusionnons pas sur les attaques auxquelles nous nous sommes exposé de la part de certaines écoles qui ont le culte des libertés qui conduisent à la licence et à l'anarchie, et nous pouvons étonner ces écoles en leur déclarant que, plus que personne, nous sommes le partisan éclairé de la liberté ; mais nous sommes de ceux qui sont convaincus que l'homme libre est celui qui est arrivé, à force de travail et de sacrifices, à se créer une réelle indépendance, et aussi que l'homme libre est celui qui a le moins de besoins et qui est le maître de ses passions.

Malheureusement la société actuelle et généralement toutes les sociétés, n'obéissent pas à ces vérités ; on peut dire que plus les sociétés sont civilisées, quelle que soit la forme de leur gouvernement, moins sont libres les individus ; et si des hommes haut placés parcourent ces pages, en examinant en conscience leurs situations personnelles, ils jugeront souvent qu'ils sont sans indépendance : alors, pourquoi s'étonner si la classe laborieuse ne jouit pas plus que la classe supérieure de la liberté ?

Il faut à l'ouvrier du travail ; nous cherchons le mode de rémunération de ce travail qui assure à l'ouvrier, généralement imprévoyant, la masse la plus considérable de bien-être et nous trouvons que c'est dans le salaire combiné de telle façon que l'intérêt de l'ouvrier soit toujours lié à l'intérêt de celui ou de ceux qui l'occupent ; nous trouvons encore qu'il faut que ceux qui l'occupent ne se désintéressent ni de son foyer, ni de l'économie de la vie, ni de ses épreuves. Nous trouvons enfin qu'il ne doit pas être indifférent à sa famille, à ses plaisirs mêmes, ni à sa conduite. C'est le patronage, c'est parfaitement vrai, c'est là une des bases des principes de F. Le Play, qui est notre guide dans cette étude.

Est-ce à dire qu'avec ces pensées nous repoussions toute autre combinaison du salaire ? — non, loin de là... Nous ajouterons même que nous admirons l'ouvrier qui est assez fort pour faire lui-même, sans aucun appui, tout ce qui est utile à sa famille et, à tous les points de vue, qui sait régler sa vie de manière à tout prévoir pour le bien des siens et à se rendre libre et indépendant par sa volonté et son énergie, par sa moralité et par ses succès ; celui-là est un homme de valeur, de caractère ferme ; mais on ne saurait méconnaître que cet homme est rare, très rare. Les industries complexes, la division extrême du travail, la concurrence excessive, qui dépasse, pour les produits ordinaires, tout ce qu'on a constaté jusqu'à présent, ne rendent ni commode ni facile la formation de ces hommes supérieurs. Il en est cependant qui se sont formés à cette rude école, il en est qui ont réussi et qui dépensent leur vie à en former d'autres. Plusieurs ont pensé cependant qu'il fallait modifier le principe du salaire, que le salariat proprement dit, que nous considérons comme un principe salutaire et bienfaisant, parce qu'il répond aux situations économiques les plus diverses, et aussi parce qu'il est facilement compris, était une forme peu digne de l'état moderne ; qu'il fallait arriver

à la pratique de la coopération, établie par des Sociétés de production et que la participation aux bénéfices devait y conduire. Nous allons donc chercher à étudier le mode de rémunération du travail basé sur la participation aux bénéfices. Ce sera l'objet de la deuxième partie de cette étude. Toutefois, nous dirons quelques mots sur le principe du salariat.

On dit assez souvent que le salariat a succédé à l'esclavage et au servage ; il est plus exact de dire que le salariat est devenu général après le servage, car ce mode de rémunération du travail a existé simultanément avec ces deux états de la société et dans les temps les plus reculés. M. Emile Chevalier prouve qu'il existait du temps de Moïse, il rapporte qu'Homère, Hésiode en parlent dans leurs ouvrages, également Sénèque... La situation simultanée était la même partout, le travail rémunéré par le salariat était en concurrence avec celui des esclaves et des serfs. Aujourd'hui et depuis des siècles, le salariat est libre, il est libre au point de vue légal, il n'est libre, en fait, que pour les ouvriers qui ont conquis leur indépendance et nous l'avons dit déjà dans maintes occasions : cette indépendance, honorable et honorée, ne saurait se conquérir que par les sacrifices ; nous sommes parmi ceux qui sont convaincus que le patronage y conduit.

Ce salaire n'est pas partout, malheureusement, uni aux mesures patronales ; il peut conduire encore, dans cet isolement, à l'indépendance ; mais dans ce cas, l'ouvrier n'a d'autre appui que lui-même. Son mérite professionnel et son caractère peuvent amener ce résultat.

Aujourd'hui, il est de mode en certains milieux d'attaquer le salaire, de dire que le salarié est un esclave. Nous n'avons jamais compris le salaire de cette façon, — les salariés sont partout, le salaire est la rémunération du travail, toute peine mérite salaire, — la peine et le travail honorent et donnent la considération... Une école qui fait grand bruit voudrait que l'ouvrier fût producteur : la terre au laboureur, la mine au mineur, l'usine à l'ouvrier. Ce sont là des folies, on pourrait dire justement que ce sont des crimes ; mais ces folies ou ces crimes ne se réaliseront jamais, et s'ils se consommaient par une révolution violente, ils n'auraient pas de lendemain.

Cependant, les temps présents ne nous assurent pas absolument contre ce terrible danger ; le socialisme d'État pourrait nous y conduire, car ce danger est représenté par une école très habile,

qui profite des tendances socialistes des gouvernants. Cette école a son état-major dans l'Internationale qui n'a pas renoncé à l'action... En effet, dans un congrès tout récent, les possibilistes réunis dans la salle de la rue de Lancry au nombre de 590, dont 503 français, ont emis des vœux qui ont pour but de faire intervenir l'État dans tout ce qui intéresse les conditions du travail. Les congressistes se sont donné rendez-vous en 1891, en déclarant que rien ne les arrêterait dans leurs revendications; tout, dans ce congrès, témoigne d'un état d'exaspération qui marque l'irritation la plus violente, et la note la plus excessive a été donnée par le délégué belge, M. Blancvallée. Les ouvriers anglais ont fait de leur sort un tableau navrant.

Il est une école dont les principes sont plus corrects et à laquelle notre sympathie la plus sincère est entièrement acquise, mais elle présente dans son application de très réelles difficultés. C'est l'établissement des Sociétés coopératives de production; dans cet ordre d'idées, le terrain est libre, l'ouvrier peut agir, les lois le protègent et son succès sera vivement applaudi. De nombreuses tentatives ont été faites dans cette voie, on ne peut pas dire qu'elles aient réussi, les exceptions qu'on pourrait citer sont sans caractère sérieux; cependant les premiers essais datent de plus de cinquante années. Rien ne serait supérieur à cette organisation du travail; il faut, pour qu'elle puisse s'établir, que les ouvriers deviennent prudents et sages, il faut qu'ils sachent choisir leurs chefs et leur donner l'autorité indispensable à la direction; sans autorité, un régiment industriel serait vite en déroute, comme le serait vite, dans une bataille, une armée sans général et sans l'organisation hiérarchique, depuis le général jusqu'au caporal. On doit suivre avec intérêt et aider de tout son pouvoir la création des Sociétés coopératives de production, mais elles doivent être très solidement constituées à tous les points de vue; elles ne sont pas sans danger, surtout pour les ouvriers. Les Sociétés qui pratiquent la participation aux bénéfices y conduiront peut-être le personnel ouvrier. Leurs progrès sont lents, mais réels; nous allons les étudier avec tout le soin qu'elles méritent, et nous aurons encore occasion de dire notre pensée sur les dangers des Sociétés de production.

SECONDE PARTIE

Nous sommes arrivé à l'examen d'un mode spécial de la rémunération du travail qui est plein d'intérêt : il s'agit de la participation du personnel des manufactures et entreprises diverses aux bénéfices qu'elles peuvent produire.

Une Société, composée de chefs d'exploitations financières et industrielles, pratiquant ou disposés à pratiquer ce mode de rémunération du travail à titre complémentaire de salaire,— confiants, dans tous les cas, dans l'efficacité de ce moyen au point de vue qui nous est cher à tous : la paix des ateliers, — s'est constituée en 1878 dans le but défini d'étudier et de vulgariser les moyens divers pratiqués en France, en Europe et dans toutes les parties du monde, qui ont été, sont et seront appliqués dans cette pensée du partage, dans une certaine mesure, des bénéfices d'une affaire au profit de ceux qui sont jugés comme coopérateurs de son succès. C'est là, bien certainement, une pensée très élevée, qui peut avoir les plus heureuses et les plus fructueuses conséquences ; et, dès ces premières lignes, nous tenons à rendre un respectueux hommage aux hommes qui ont pris une semblable initiative, comme à ceux qui ont pratiqué le système, et nous signalons parmi eux le président de cette Société, M. Ch. Robert, l'apôtre de la participation

Vous savez tous, Messieurs, la place remarquable que l'économie sociale a tenue à l'Exposition universelle. Sa classe est divisée en quinze sections, et si la première est, avec raison, appliquée à la rémunération du travail, la deuxième l'est à la participation aux bénéfices. M. Ch. Robert en a été naturellement le président. Le questionnaire, qui fixe les points qu'il est intéressant de préciser, demande à quelle industrie elle s'applique, quelle est la proportion 0/0 du salaire dans la valeur du produit, quelle est la base de l'attribution de la part des bénéfices annuels, les pouvoirs du patron, le mode d'emploi du produit de la participation ; et ici, il convient de le remarquer, toutes questions qui relèvent du patronage. Ce produit s'applique-t-il aux caisses de retraites, aux pensions viagères, à l'assurance en cas de décès ? Sert-il à la constitution du patrimoine? S'occupe-t-on d'en placer le capital ? Quels sont les résultats matériels et moraux de la participation ?

Il suffit d'avoir parcouru l'exposition d'économie sociale pour

être assuré que toutes les questions ont été appréciées et que la deuxième section ne les a pas négligées. Les résultats obtenus n'ont pas seulement été constatés par des chiffres, précisés par les établissements qui appliquent la participation, mais ils ont été discutés dans un Congrès international tenu à l'Exposition même, du 16 au 19 juillet dernier (1).

Tout d'abord, nous allons faire un historique de la participation aux bénéfices, en nous appuyant sur l'état général des établissements qui la pratiquent, état publié par la Société créée pour la vulgariser; la date de cet état est 1885. Il y aura très prochainement un état plus complet, mais ce nouvel état ne modifiera pas les observations que le premier doit provoquer. Nous pouvons dire de suite, du reste, que l'état de 1885 comprend 98 usines, manufactures ou Sociétés, et que l'état préparé, encore inédit, qui sera prochainement publié, en comprendra 218.

Nous nous sommes arrêté pour l'analyse spéciale que nous allons exposer à l'état de 1885 parce qu'il est très complet à tous les égards, surtout au point de vue spécial du mode d'emploi de la participation. Mais nous parlerons également, avec quelques détails, de l'état de mai 1890 dont nous devons communication à la recommandation de M. Ch. Robert. Cet état doit faire l'objet d'une communication spéciale au Congrès des Sociétés savantes au point de vue statistique ; il renferme des renseignements intéressants qui enrichiront notre travail ; il établira ici-même les progrès de la participation qu'il est important de fixer par notre étude.

(1) *Bulletin de la Participation aux bénéfices*, douzième année, 3e livraison, 1890.
F. Dubois.

TABLEAU SYNOPTIQUE

DES

ÉTABLISSEMENTS QUI PRATIQUENT LA PARTICIPATION AUX BÉNÉFICES

ET MÉTHODES ADOPTÉES

FRANCE, ALLEMAGNE, ANGLETERRE, SUISSE ET AUTRES PAYS

Tableau synoptique des Établissements qui pratiquent la participation aux bénéfices et méthodes adoptées.

FRANCE, ALLEMAGNE, ANGLETERRE, SUISSE ET AUTRES PAYS.

NOMS DES ÉTABLISSEMENTS ET DATE DE LA FONDATION DE LA PARTICIPATION		TAUX DE LA PARTICIPATION	MODE D'EMPLOI DE LA PARTICIPATION
1842 — LECLAIRE (Maison), Entreprise de peinture, Paris.	France.	75 0/0.	2/3 comptant, 1/3 pour la retraite. (Produit total depuis l'origine : 4,080,000 fr.)
1843 — LAROCHE-JOUBERT et Cie (Papet. coop. d'Angoulême)	—	Participation distincte par atelier (5 à 35 0/0 suivant les fonctions).	Remise de la totalité en espèces, avec faculté pour les ouvriers de devenir commanditaires par dépôts volontaires. (Produits depuis 1869 : 1,832,000 francs.)
1844 — CHEMIN DE FER D'ORLÉANS (Compagnie du) . . .	—	15 0/0 après déduction des 20 prem. millions de bénéfices.	Constitution de retraites. (Produit total depuis l'origine : 69,567,000 francs.)
1848 — DEBERNY et Cie, Fondeurs de caractères, Paris . .	—	Répartition proportionnelle au salaire et au montant du capital.	Versement dans une Caisse commune pour pensions viagères, prêts et secours. (Produit total depuis l'origine : 228,000 fr.)
1848 — PAUL DUPONT, Imprimeur, Paris	—	10 0/0.	Constitution de pensions viagères.
1850 — ASSURANCES GÉNÉRALES (Compagnie d'), Paris. .	—	5 0/0.	Capitalisation sur livrets individuels. (Produit total depuis l'origine : 7,015,000 francs.)
1854 — L'UNION (Cie d'assurances, Incendie et Vie), Paris.	—	5 0/0.	4 0/0 en espèces, 1 0/0 pour retraites et assurances. (Produit total depuis l'origine : 1,881,000 francs.)
1855 — LA NATIONALE (Compagnie d'assurances), Paris. .	—	2 1/2 0/0.	Remise de la totalité en espèces. Comptes individuels sur frais généraux.
1858 — LA FRANCE (Compagnie d'assurances), Paris. . . .	—	4 0/0.	Capitalisation sur livrets individuels.
1865 — BORD, Fabricant de pianos, Paris.	—	Répartition proportionnelle aux intérêts du capital et aux salaires.	Remise de la totalité en espèces. (Produit total depuis l'origine : 1,279,000 fr.)
1865 — CANAL DE SUEZ (Compagnie du), Paris	—	2 0/0.	Constitution de retraites.
1867 — DORGÉ et FILS (Tannerie de la Providence), Coulommiers	—	Participation proportionnelle aux salaires et au chiffre des dépôts.	Remise de la totalité en espèces, avec faculté pour les ouvriers de devenir actionnaires par dépôts volontaires.
1870 — LENOIR, Peintre en bâtiments, Paris	—	25 0/0.	Remise de la totalité en espèces. (Produit total jusqu'en 1883 : 72,000 francs.)
1871 — ROLAND-GOSSELIN, Agent de change, Paris. . . .	—	Indéterminé.	Capitalisation sur livrets individuels.
1871 — VERNES et Cie, Banquiers, Paris.	—	Indéterminé.	Capitalisation sur livrets individuels.
1872 — ABADIE et Cie, Fabricants de papiers, Theil (Orne).	—	Indéterminé.	Remise de la totalité en espèces.
1872 — BARBAS, TASSART et BALAS, Couvreurs et plombiers, Paris.	—	5 0/0.	1/2 comptant, 1/2 capitalisé sur livrets individuels. (Produit total depuis l'origine : [illegible],000 francs.)
1872 — CHAIX, Imprimeur-Éditeur, Paris. . . .	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

1872 — [illegible]	—	[illegible]	[illegible]
1872 — L'AIGLE (Compagnie d'assurances), Paris	—	3 0/0.	Capitalisation sur livrets individuels. (Produit total depuis l'origine pour les deux Compagnies : 840,000 francs.)
1872 — LE SOLEIL (Compagnie d'assurances), Paris. . . .	—	3 0/0.	
1872 — TOUAGE DE LA HAUTE-SEINE (Compie du), Paris. .	—	Indéterminé.	Capitalisation sur livrets individuels. (Produit total jusqu'en 1884 : 90,000 francs.)
1873 — FOURDINOIS, Fabricants d'ameublements, Paris . .	—	Attribution à la main-d'œuvre d'un intérêt égal à la moitié du dividende.	Capitalisation sur livrets individuels.
1874 — MAME et FILS, Imprimeurs-Éditeurs, Tours. . . .	—	3 fr. par 1,000 sur les ventes.	1/3 comptant, 2/3 capitalisés sur livrets individuels.
1874 — MASSON, Éditeur, Paris.	—	3 fr. par 1,000 sur les ventes.	1/3 comptant, 2/3 capitalisés sur livrets individuels.
1875 — FILATURE D'OISSEL (Seine-Inférieure).	—	Indéterminé.	1/3 comptant, 2/3 capitalisés sur livrets individuels. (Produit total depuis l'origine : 132,000 francs.
1875 — L'URBAINE (Compagnie d'assurances), Paris. . . .	—	4 0/0.	Capitalisation sur livrets individuels.
1876 — BOUCICAUT et Cie (Magasins du Bon Marché), Paris.	—	Indéterminé.	Capitalisation sur livrets individuels.
1876 — L'ABEILLE (Compagnie d'assurances), Paris	—	Indéterminé.	Capitalisation sur livrets individuels.
1877 — BESSELIÈVRE, Fabt d'indiennes, Maromme (S.-I.) .	—	Indéterminé.	1/2 comptant, 1/2 capitalisé sur livrets individuels.
1877 — GODIN et Cie, Familistère de Guise (Aisne).	—	50 0/0 au capital et au travail, proportionnellement aux intérêts et aux salaires.	Constitution de titres d'épargne entrant dans le capital social de l'entreprise. (Produit total depuis l'origine : 3,781,000 francs.)
1879 — BUTTNER-THIERRY, Imprimeur-Lithographe, Paris.	—	Indéterminé.	1/3 comptant, 2/3 capitalisés sur livrets individuels. (Produit total depuis l'origine : 16,000 francs.)
1880 — CAILLARD FRÈRES, Constructeurs-Mécan., le Havre.	—	Indéterminé.	Capitalisation sur livrets individuels.
1880 — CHATEAU-MONROSE (Domaine de) (Médoc)	—	5 0/0.	Capitalisation sur livrets individuels.
1880 — DÉPOTS et COMPTES COURANTS (Société de), Paris.	—	2 0/0.	Capitalisation sur livrets individuels.
1880 — GAIFFE, Instrum. de précision et nickelure, Paris.	—	25 0/0 à la fabrique d'instruments, 35 0/0 à l'usine de nickelure.	Remise de la totalité en espèces.
1881 — CAILLETTE, Entrepreneur de maçonnerie, Paris. .	—	15 0/0.	Remise de la totalité en espèces.
1881 — LEFRANC et Cie, Fabr. d'encres d'imprimerie, Paris.	—	Indéterminé.	Capitalisation sur livrets individuels. (Produit total jusqu'en 1884 : 18,000 francs.)
1881 — PIAT, Fondeur-Mécanicien, Paris	—	Indéterminé.	1/2 comptant, 1/2 capitalisé sur produits individuels. (Produit total depuis l'origine : 57,000 francs.)
1882 — MOUTIER, Serrurier, Saint-Germain-en-Laye. . . .	—	25 0/0.	A la Caisse des retraites jusqu'à concurrence de 100 francs ou de la moitié des parts, lorsque celles ci sont supérieures à 200 francs.
1883 — FIVES-LILLE (Compagnie de)	—	Indéterminé.	Capitalisation sur livrets individuels.
1883 — USINES DE MAZIÈRES (Société anonyme des) . . .	—	Indéterminé.	Capitalisation sur livrets individuels. (Produit total depuis l'origine : 300,000 francs.)
1884 — GOUNOUILHOU, Imprimeur, Bordeaux.	—	15 0/0.	1/3 comptant, 2/3 capitalisés sur livrets individuels.
1884 — BOURDOUX et Cie, Soc. indust. de la Corrèze, Paris.	—	25 0/0.	1/5 versé dans une caisse de participation aux pertes ; 2/5 comptant, 2/5 capitalisés sur livrets individuels.

NOMS DES ÉTABLISSEMENTS ET DATE DE LA FONDATION DE LA PARTICIPATION	TAUX DE LA PARTICIPATION	MODE D'EMPLOI DE LA PARTICIPATION
1885 — LOMBART, Fabricant de chocolat, Paris. . . . . —	Indéterminé.	1/5 comptant, 2/5 à la retraite, 2/5 pour acquisition de maisons ouvrières. (Produit pour la première année : 48,000 francs.)
1885 — MULLER, ROUX et Cie, Mach. à vap. Tangye, Paris. —	1 0/0 sur les ventes donnant 7 0/0 de profits ; 1/7e des produits inférieurs à 7 0/0.	1/3 en espèces. 1/3 en compte au crédit du titulaire, 1/3 versé pour le titulaire à la Caisse de retraite, à capital réservé.
1885 — MOZET et DELALONDE, Entrepr. de maçonn., Paris. —	10 0/0.	1/2 comptant, 1/2 à la Caisse des retraites pour la vieillesse.
1847 — STEINHEIL, DIETERLEN et Cie, Fil. de coton, Rothau. Alsace.	10 0/0.	4 0/0 aux employés, 6 0/0 aux ouvriers pour retraites et secours. (Total des sommes attribuées aux ouvriers depuis 1873 : 63,700 fr.)
1872 — FABRIQUE DE PRODUITS CHIMIQUES de Thann . . —	10 0/0.	Remise de la totalité en espèces. (Produit total depuis l'origine : 180,500 francs.)
1874 — SCHÆFFER, LALANCE et Cie, Blanct, teinte, Pfastadt. —	Indéterminé.	1/3 comptant, 2/3 capitalisés sur livrets individuels. (Produit total depuis l'origine : 178,500 francs.
1866 — MORGENSTERN, Fabt de feuilles d'étain, Forchheim. Bavière	10 0/0.	45 0/0 remis de suite, 45 0/0 payés l'année suivante aux participants méritants, 10 0/0 versés dans une Caisse de secours.
1871 — FILATURE DE KAUFBEUREN. . . . . —	Indéterminé.	Remise de la totalité en espèces.
1873 — USINE DE KAISERSLAUTERN. . . . . —	10 0/0.	Constitution d'une Caisse de pensions et de secours. (Les fonds de cette caisse s'élevaient, au 1er octobre 1884, à 38,000 marks.)
1875 — RAULINO et Cie, Manufacture de tabacs, Bamberg. . —	Indéterminé.	3/4 en espèces, 1/4 en effets d'habillement.
1866 — CHEMIN DE FER LOUIS de HESSE (Soc. du). Mayence. Hesse.	1 1/2 0/0.	Remise de la totalité en espèces.
1847 — DE THUNEN, Propriétaire foncier, Tellow. . Mecklembourg.	1/2 0/0 à chaque participant.	Constitution de livrets d'épargne, dont les titulaires ne peuvent toucher le capital qu'à l'âge de 60 ans.
1854 — NEUMANN, Propriétaire de terres nobles, Posegnick . Prusse.	8 0/0.	2/3 comptant, 1/3 capitalisé sur livrets individuels.
1869 — FONDERIE D'ILSEDE, Gross Ilsede. . . . . —	Participation proportionnelle aux épargnes des ouvriers.	Inscription sur les livrets d'épargne, à titre d'intérêt supplémentaire.
1870 — CHEMIN DE FER DE BERLIN-ANHALT, Berlin. . . . . —	Indéterminé.	Remise de la totalité en espèces.
1876 — BRAUN et BLŒM, Capsules et cartouches, Dusseldorf. —	Participation dans les ventes (taux variant suivant les marchandises).	Remise de la totalité en espèces. (Produit total depuis l'origine : 42,000 marks.)
1875 — BANQUE DU CRÉDIT FONCIER DE PRUSSE, Berlin . . —	Dividendes attribués aux traitements jusqu'à un maximum de 10 0/0.	Capitalisation sur livrets individuels.
1876 — BOHM, Propriétaire foncier, Brunne. . . . . —	Exploitation en compte à demi.	Remise de la totalité en espèces.
... — LIMBURGER, propriétaire foncier, Pfalzhill . . . . . —	Exploitation en compte à demi.	Remise de la totalité en espèces.
... — [illegible], Propriétaire foncier, Altenhoff	Exploitation en compte à demi	Remise de la totalité en espèces.
[illegible] [illegible], Fabricant de cartonnages [illegible]	Indéterminé	Constitution de livrets d'épargne [illegible]

1864	CROSSLEY AND SONS, Fabrique de tapis, Halifax . . . —	[illegible] au capital souscrit par les ouvriers.	
1870	CARLTON IRON COMPANY (Limited), Carlton-Ironworks —	30 0/0.	Remise de la totalité en espèces.
1878	— CASSELL et Cie; Imprimeurs-Éditeurs, Londres . . . —	8 0/0.	Capitalisation sur les livrets individuels.
1883	— DECORATIVE COOPERATORS' ASSOCIATION, Londres. —	35 0/0.	30 0/0 comptant, 25 0/0 à la Société de secours mutuels.
1883	— ASSOCIATION AGRICOLE de Radbourne-Manor (Warwick) . . . —	La totalité des bénéfices, déduction faite des intérêts du capital.	27 1/2 0/0 comptant, 27 1/2 0/0 pour remboursement d'emprunts; 40 0/0 à la réserve ; 5 0/0 pour dépenses extraordinaires.
1884	— TANGYE et Cie, Fabr. de machines, Cornwall-Works. —	Dividende d'une action de 50 livres sterling à chaque participant.	Remise du dividende en espèces.
1885	— ASSOCIATION AGRICOLE d'Ufton-Hill (Warwick). . . —	La totalité des bénéfices, déduction faite des intérêts du capital.	27 1/2 0/0 comptant, 27 1/2 0/0 pour remboursement d'emprunts; 40 0/0 à la réserve ; 5 0/0 pour dépenses extraordinaires.
...	— FABRIQUE DE PAPIERS de Schlœglmühl. . . . . . Autriche.	Indéterminé.	Remise de la totalité en espèces.
1861	— FRANCO-HONGROISE (Cie d'assurances), Budapest . . Hongrie.	4 0/0.	Remise de la totalité en espèces.
1867	— SCHŒLLER et FILS, Filateurs, Schaffhouse . . . . . Suisse.	10 0/0.	Subventions à la Caisse des malades, allocation de pensions et de gratifications.
1868	— CHESSEX et HŒSSLY, Filateurs, Schaffhouse. . . . . —	Taux déterminé mais non rendu public.	Inscription d'une partie sur livrets d'épargne ; réserve d'une autre partie pour pensions et secours. (Produit total depuis l'origine : 40,000 francs.)
1868	— BAUR ET NABHOLZ, Entrep. de construc., Seefeld. . Suisse.	Indéterminé.	Titres d'épargne portant intérêt et dont le montant est à la disposition des titulaires.
1869	— MANUFACTURE DE POTERIES DE NYON. . . . . . . —	0 fr. 30 c. par 1,000 de bénéf. pour chaque cent. de francs de salaire.	Remise de la totalité en espèces.
1870	— BILLON et ISAAC, Fab. de boites à musiq., pr. Genève —	50 0/0.	1/2 en espèces ; 1/2 consacrée à l'acquisition de titres de l'entreprise (Produit total depuis l'origine : 266,000 francs).
1870	— SCHUCHARDT, Imprimeur, Genève . . . . —	Indéterminé.	Capitalisation sur livrets individuels. (Produit total depuis l'origine : 62,000 francs.)
1871	— STEINFELS, Fabricant de savons, Zurich . . . . . . —	Indéterminé.	Remise de la totalité en espèces.
1872	— REISHAUER et BLUNTSCHLI, Fabr. d'outils, Zurich. . —	Indéterminé.	Versements des parts à la Caisse d'épargne de la Ville. Les participants ont la faculté d'en disposer dans des cas déterminés.
1872	— REYMOND, Fabricant de cuirs, Morges . . . . —	Indéterminé.	Remise de la totalité en espèces.
1876	— TRAMWAYS SUISSES (Cie générale des), Genève. . . —	Participation des conducteurs dans les recettes des voitures.	Remise de la totalité en espèces. (Produit total depuis l'origine, y compris des primes accordées à divers agents : 100,000 francs.)
1878	— SCHÆTTI et Cie, Fabricants d'allumettes, Fehraltorf. —	50 0/0.	1/3 comptant ; 1/3 capitalisé sur les livrets individuels ; 1/3 versé dans une Caisse de secours et de retraite.
...	— FABRIQUE D'APPAREILS ÉLECTRIQUES, Neuchâtel. . —	Indéterminé.	Remise de la totalité en espèces, après un an de dépôt dans la Caisse de l'établissement, avec intérêts à 5 0/0.

NOMS DES ÉTABLISSEMENTS ET DATE DE LA FONDATION DE LA PARTICIPATION	TAUX DE LA PARTICIPATION	MODE D'EMPLOI DE LA PARTICIPATION
1873 — MANUFACTURE DE LAINE ROSSI, Schio . . . . Italie.	5 0/0.	Subventions à des Caisses de secours et de retraite, ainsi qu'à des établissements d'éducation. (Produit total jusqu'en 1884 : 517,000 francs.)
1872 — LLOYD BELGE (Cie d'ass. marit. et incend.), Anvers . Belgique.	5 0/0.	Capitalisation sur livrets individuels. (Produit total jusqu'en 1884 : 89,000 francs.)
1880 — VAN MARKEN, Fabr. néerland. d'alcool et levure, Delft. Hollande.	10 0/0.	Constitution de pensions viagères.
1883 — STÉARINERIE DE GOUDA (Société anonyme de la) . . —	10 0/0.	Capitalisation sur livrets individuels. (Produit total depuis l'origine : 62,500 francs.)
1873 — DOMAINE DE DRAGSHOLM, Seeland. . . . . Danemark.	50 0/0.	2/3 comptant, 1/3 versé à la Caisse d'épargne.
... — STRŒMANN et LARSON, Scier. mécan. Gothenbourg. Suède.	Participation proportionnelle au capital souscrit par le personnel.	Remise de la totalité en espèces.
1870 — FORGE AADALS BRUG . . . . Norvège.	50 0/0.	Remise de la totalité en espèces.
1862 — PROTOPOPOW, Frbrique de bougies, près Moscou . . Russie.	Indéterminé.	Remise de la totalité en espèces.

On peut voir de suite, par l'état qui précède, combien les systèmes et les tantièmes répartis sont variés : pour 49 maisons, la part qui est réservée au personnel est fixée, mais elle varie de 1/2 0/0 à 75 0/0. Généralement elle porte sur les bénéfices nets; la moyenne est 17 0/0. Chez MM. Mame et Masson, la part de bénéfices est une prime sur les ventes ; dans 28 maisons la part est indéterminée, c'est-à-dire qu'elle est fixée par le patron, comme il le juge, quand il connait le résultat de son inventaire ; chez MM. Laroche-Joubert et C[ie], la part est distincte par atelier et dès lors, relative au travail spécial de l'atelier ; chez plusieurs, la part allouée est proportionnelle aux salaires, elle n'est pas déterminée; quelquefois elle est proportionnelle aux épargnes déjà réalisées ; dans plusieurs établissements agricoles d'Angleterre, on abandonne aux ouvriers tous les bénéfices, mais après prélèvement d'un intérêt déterminé en faveur du capital.

Si l'on examine le mode d'emploi de la participation, on y trouve la même variété ; les emplois sont, en effet, très divers : 34 maisons, soit un peu plus du tiers, remettent la totalité de la part en espèces ; 40 délivrent, à diverses conditions, des livrets au profit des intéressés ; 12 fondent des caisses de retraite ; 6 des caisses de secours ; 4 appliquent les parts en transformation d'actions de leurs propres Sociétés ; une seule maison, la maison Lombard, songe à faire application de ces bénéfices, pour les 2/3, à l'acquisition de maisons ouvrières.

Ces renseignements succincts ne donnent qu'une indication générale, beaucoup trop sommaire, pour qu'on puisse se former une idée bien nette des systèmes divers et surtout des résultats qu'ils produisent.

Nous avons un autre point à examiner dans l'état qui nous occupe : c'est le classement des genres d'entreprises auxquelles s'applique la participation. Nous trouvons dans les Compagnies financières et les assurances 14 maisons ; 12 chez les imprimeurs-éditeurs ; 7 dans l'agriculture ; 7 chez les mécaniciens ; 5 pour les filatures ; 5 pour les forges ; 4 pour les chemins de fer, et 44 pour des industries diverses : industries des bougies, scierie, stéarine, levure, électricité, cuirs, outils, savons, poteries, boîtes à musique, papeterie, décoration, tapis, cartonnage, cartouche, tabacs, produits chimiques, teintureries, maçonnerie, peinture, fondeurs de caractères, pianos, Compagnie de Suez, plomberies, vins, rouage, ameublement, le Bon Marché, encres, instruments de

précision, chocolats, papiers; en totalité 44 maisons représentant 33 industries.

On peut tirer une conclusion de ce renseignement: c'est que la participation aux bénéfices peut, sans difficulté spéciale, s'appliquer aux industries les plus diverses. Depuis près de 50 années qu'elle est pratiquée, et c'est en France que les essais ont été faits en 1842, on trouve dans notre pays 49 maisons qui l'appliquent par des procédés et dans des conditions diverses ; 12 en Suisse, 8 en Angleterre, 8 en Prusse, 4 en Bavière, 3 en Alsace, 2 en Hollande, 2 en Saxe, 1 en Russie, 1 en Norwège, 1 en Suède, 1 en Danemark, 1 en Belgique, 1 en Italie, 1 en Hongrie, 1 en Autriche, 1 en Hesse et 1 en Mecklembourg.

On a vu déjà que la participation variait dans des proportions considérables; nous avons vu aussi que souvent elle était indéterminée. Dans le premier cas, elle entre dans la pratique; dans le second, l'industriel témoigne de sa bonne volonté, il ne veut pas s'engager avant un certain temps d'épreuve ; mais il apprécie le système et l'appliquera dès qu'il sera suffisamment éclairé. Nous ne croyons pas qu'il y ait matière à critique dans cette diversité. C'est la participation qui cherche sa voie; ce que la Société veut vulgariser c'est le système nouveau, élevé, qui unit dans une mesure variée, mais qui unit en principe, le travail au capital; elle expose elle-même ses vues d'avenir d'une manière très libérale.

La Société qui cherche à vulgariser ce système est résolue à s'appuyer sur les faits ; elle cherche les avis, les observations, les jugements des hommes de bonne volonté, en situation de l'éclairer; elle cherche surtout les chefs d'industrie. Elle connait et apprécie les principes du patronage et nous verrons qu'elle sait les appliquer ; elle considère comme fondamental et au-dessus de tout débat le grand principe de la liberté du travail, qui se manifeste notamment par les différents modes de rémunération du travail, par tous ceux que nous avons sommairement décrits. Elle reconnait du reste que, jusqu'à présent, très généralement sinon absolument, la participation n'a été qu'un complément et souvent ce complément a été faible. Elle dit que la participation n'est pas à ses yeux une panacée et même qu'il est quelquefois malaisé de la réaliser. Elle étudie spécialement en ce moment tous les modes de rémunération du travail qui conduisent à l'union des intérêts; c'est la meilleure preuve que ses vues de prédilection ne sont pas absolues.

Dans ces termes, l'accord est facile.

Elle veut classer les faits qui se rattachent à sa pensée, étudier si les faits ne sont pas de nature à unir le travail au capital; puis elle recherche le meilleur parti à tirer des ressources de la participation et je l'ai déjà dit, je le répète avec une vive satisfaction, elle cherche et elle trouve des moyens dans *la pratique du patronage;* elle est préoccupée, et avec raison, d'abandonner les produits de cette participation aux mains des ouvriers qui l'ont gagnée, dans la crainte qu'elle n'échappe à ses vues d'avenir, sages et prudentes, c'est-à-dire aux *œuvres patronales de prévoyance*. Cette Société fait plus: elle étudie les conséquences de la participation au point de vue commercial; elle respecte la liberté du travail et la liberté du commerce — rien ne saurait remplacer ces deux grands principes de la vie industrielle, — mais elle veut s'éclairer sur les conséquences de ses idées relativement aux revients de ses produits et aussi relativement à la concurrence commerciale, qui est aujourd'hui sans limites, pour tous les produits de la consommation courante.

Ces principes démontrent que la Société qui nous occupe, veut écarter et écarte en fait les polémiques stériles; c'est une Société d'études, qui recherche, par la participation, à établir et à consolider la paix dans les ateliers; elle a cette foi, que la participation est un moyen qui peut nous y conduire. Avant d'exposer notre pensée sur les difficultés qu'elle rencontre sur son chemin, nous allons résumer les progrès que ce nouveau mode de rémunération du travail a réalisés de 1885 à 1890.

Nous avons vu, que de 1842 à 1885, la Société avait relevé 98 exemples dans tous les pays, soit en moyenne 4 par année. De 1885 à 1890, le chiffre de 98 passe à 218, en augmentation de 120, soit par année 24; ce chiffre donne la mesure de ses progrès.

Voici l'état comparatif, de 1885 à 1890, des divers pays où les Compagnies et particuliers appliquent la participation :

	1885	1890
France	49	78
Angleterre	8	49
États-Unis.	0	42
Suisse	12	14
Prusse	8	8
Alsace	3	6
Hollande	2	4

Bavière	4	3
Saxe	2	2
Italie	1	2
Norwège	1	2
Belgique	1	1
Danemark	1	1
Suède	1	1
Russie	1	1
Hesse	1	1
Mecklembourg	1	1
Autriche	1	1
Hongrie	1	1
	98	218

On voit qu'en 1885, les États-Unis avaient été négligés; mais alors ils étaient à peu près négligeables, car dans leur ensemble ils ne comprenaient que 6 maisons, et aujourd'hui leur nombre s'élève à 48, c'est-à-dire huit fois plus.

L'Angleterre passe de 8 à 49.

Ce sont ces deux contrées qui, avec la France, témoignent les plus grands progrès. Les chiffres de la France passent de 49 à 78.

Les autres pays ne présentent que des progrès nuls ou insignifiants.

Pour l'état de mai 1890, nous n'avons pas de renseignements complets, ni précis, sur l'emploi de la répartition; il parait se maintenir analogue pour la France.

Pour les États-Unis et pour l'Angleterre, on remet tout en espèces; l'ouvrier reste abandonné à lui-même en ce qui intéresse l'épargne : c'est bien là une caractéristique du tempérament de ces grands pays industriels, ils ne savent rien ou presque rien de nos institutions patronales. Elles seraient peut-être mal accueillies chez eux.

En France, au contraire, si 25 0/0 des maisons qui appliquent le système versent à l'ouvrier la totalité de la part qui lui est attribuée, toutes les autres, 75 0/0, s'occupent de l'avenir du personnel qu'elles emploient et qu'elles associent d'une certaine manière aux bénéfices de l'entreprise; et c'est là, déjà nous l'avons dit, la caractéristique particulièrement intéressante de ce nouveau mode de complément de salaire; toutes ces maisons cherchent à constituer un patrimoine, une retraite, ou une caisse de secours mutuels en faveur de leurs ouvriers.

Les états de 1885 et de mai 1890, tels qu'ils sont, ne peuvent s'obtenir sans difficulté; ils sont encore bien incomplets. Le nom de la maison, la part de l'intérêt, le mode d'emploi sont des renseignements tout à fait insuffisants; il y faudrait joindre le chiffre d'affaires de la maison, le chiffre des bénéfices qui résulte du bilan, le nombre d'ouvriers, le haut personnel, le mode de répartition vis-à-vis le personnel, les résultats obtenus. Tous ces points ne sont pas relevés. Nous apprécions qu'il n'est pas commode de le faire; cependant, la Société de participation a pu constituer en partie un nombre important de monographies, intéressantes bien que souvent incomplètes, des établissements qui pratiquent la participation; quand on aura ces documents complets, on jugera mieux des résultats. Déjà, ce qui est fait éclaire assez bien la situation actuelle, nous espérons obtenir davantage; plus on est dévoué à l'œuvre, plus on doit se prêter à fournir tous les renseignements utiles, pour bien juger des résultats. On ne saurait trop les provoquer; il faut suivre les beaux exemples qui nous sont fournis par la Société d'économie sociale qui réunit ses monographies spéciales très complètes, depuis la constitution d'une Société qui a eu pour base les monographies si parfaites de F. Le Play, elle continue d'amasser ces richesses; l'Exposition de 1889 lui fournira une nouvelle moisson.

Dans tous les cas, avec les renseignements actuels, nous allons chercher à entrevoir ce qu'on peut augurer de l'avenir de la participation aux bénéfices (1).

Voilà cinquante ans environ que la France, la première entre toutes les nations, pratique ce mode de rémunération complémentaire.

Certaines applications donnent des résultats exceptionnels; en première ligne la maison Leclaire, aujourd'hui Redouly et Cie, répartit ainsi ses bénéfices : 25 0/0 aux gérants, 50 0/0 à tous ses ouvriers au prorata des salaires, 25 0/0 pour la constitution d'une puissante caisse de secours qui assure aux ouvriers d'élite de la maison — qui, *en fait*, sont des petits patrons et représentent 1/7 à 1/8 de la totalité du personnel, — une pension viagère de 1 200 *f* avec réversibilité de 600 *f* sur la veuve. C'est 120 à 140 ouvriers sur 1000. Qui suivra cet exemple, qui donnera 75 0/0 de ses bénéfices à son personnel? Le résultat est, dans tous les cas,

(1) Consulter *la Participation aux Bénéfices*, par M. A. Trombert, Guillaumin et Cie, 1888.

fort intéressant, d'autant qu'un capital de réserve, vérifié par M. Guiyesse, actuaire, garantit les pensions.

Nous devons observer que, si tous les ouvriers employés partagent au prorata de leurs salaires 50 0/0 des bénéfices, 25 0/0 sont attribués à une caisse de secours qui intéresse particulièrement le haut personnel ouvrier. C'est là un témoignage spécial pour de grands services rendus à la maison ; la caisse de secours est une œuvre de très haute prévoyance. Je ne saurais blâmer la répartition de 50 0/0 au prorata des salaires, mais j'apprécie moins cette large générosité appliquée en partie à de nombreux ouvriers qui ne font que passer dans la maison au moment de la grande activité du travail; ces ouvriers ont à subir les effets de la morte-saison, qui est toujours assez longue dans les entreprises de peinture. Nous devons faire observer encore que, dans les ateliers de constructions et dans beaucoup d'autres, il y a tantôt un personnel nombreux, tantôt un personnel restreint; la répartition dans ce genre d'atelier doit être assez malaisée, elle doit produire peu de résultats; c'est pour l'ouvrier une sorte de gratification, sans intérêt sensible, qui est bien loin de la belle organisation de la caisse de secours spéciale aux ouvriers d'élite. Les ouvriers mis en chômage, et c'est souvent une nécessité absolue de le faire, ont toujours une position incertaine; cètte fâcheuse condition ne se concilie pas aisément avec le principe de la participation qui se comprend mieux avec la permanence réciproque des engagements. Dans ces conditions, elle présente souvent un très grand intérêt d'avenir.

La maison Baille-Lemaire applique un système mixte plus pratique, au point de vue de la part des bénéfices octroyés : elle donne 25 0/0, mais elle y joint une prime spéciale qui augmente sensiblement la part de bénéfices appliqués à l'avenir; cet ensemble procure un minimum de pension viagère de 1 500 *f* à l'ouvrier qui est resté stable dans la maison depuis l'âge de quinze ans jusqu'à l'âge de cinquante ans; à cinquante ans, on peut liquider la pension. L'industrie de cette maison (fabrication de lorgnettes) facilite beaucoup la permanence.

Les Compagnies d'assurances sont à citer, mais ce ne sont point des Compagnies qui intéressent les ouvriers, elles n'en occupent pas. Nous les citons simplement parce qu'elles pratiquent la participation, en abandonnant à leur personnel environ 5 0/0 de leurs bénéfices. Elles y trouvent avantage, elles réalisent pour leur

personnel la constitution d'un *patrimoine*, c'est mieux qu'une retraite viagère. Les procédés de ces Compagnies sont autoritaires, mais le but est si élevé que nous ne nous permettrons pas de les discuter; les banquiers, les agents de change et de très nombreuses Compagnies pourraient suivre dans cette voie les Compagnies surances ; il y en a quelques exemples.

Partout où il y a de nombreux ouvriers, la participation, si lourde qu'elle soit pour le patron, ne donnera jamais aux ouvriers qu'un complément de salaire très modéré, variant généralement de 50 à 150 *f;* ce n'est pas à dédaigner, si on applique le tout à l'épargne, soit comme capital ou comme retraite. Une somme de 100 à 120 *f* par an pendant trente ans peut donner environ 5 000 *f*, avec les intérêts composés; suivant la situation qu'un ouvrier peut avoir à cinquante ou soixante ans, il conservera cette somme comme capital ou s'en fera un revenu viager.

La statistique des maisons qui appliquent la participation des bénéfices en mai 1890 nous apprend que, de 1885 à 1890, leur nombre s'est élevé de 98 à 218, nous l'avons déjà dit. Le chiffre de 218 comprend l'Europe et l'Amérique ; voici comment il se répartit suivant les diverses industries :

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES	FRANCE	ALLEMAGNE	ANGLETERRE	ÉTATS-UNIS	SUISSE	ITALIE	HOLLANDE	DANEMARK SUÈDE ET NORVÈGE	AUTRICHE-HONGR.	BELGIQUE	PORTUGAL	RUSSIE
Imprimeurs-éditeurs	10	»	11	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Compagnies d'assurances, banquiers, agents de change. . .	16	2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Fils et tissus	10	6	2	3	»	»	»	»	»	»	»	»
Peinture en bâtiments.	2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Papeteries.	2	2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Chemins de fer et Compagnie Transatlantique	2	»	2	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Forges et fonderies	4	»	»	3	»	»	»	»	»	»	»	»
Teintureries.	5	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Plomberies	2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Vins et distilleries.	4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Constructeurs	6	»	5	5	»	»	»	»	»	»	»	»
Entrepreneurs.	7	»	2	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Propriétés foncières	»	5	3	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Industries diverses représentées par un seul exemple (1). . .	10	5	22	29	14	4	4	4	2	1	1	1
	80	20	47	40	14	4	4	4	2	1	1	1

(1) Ces industries sont :
En France : le canal de Suez, la fabrication de l'encre, l'électricité, la fabrication des jumelles, du chocolat, la miroiterie, les confections, les pâtes alimentaires, la Comédie-Française.

Ces chiffres nous amènent à constater que la maison Leclaire, qui nous donne l'exemple le plus généreux du système en France, a, un seul imitateur, bien loin derrière elle, et aucun dans tout autre pays; cependant, à Paris seulement, il y a plus de 500 maisons qui exploitent cette industrie.

Il a plus de 1 200 imprimeurs à Paris, 21 dans tous les pays pratiquent la participation ; les constructeurs et entrepreneurs, mécaniciens et serruriers ont 25 maisons qui appliquent ce système: ils sont, à Paris seulement, plus de 4 000.

Les Compagnies d'assurances, les banquiers, les agents de change n'emploient pas d'ouvriers; ces institutions sont représentées à Paris par plus de 200 maisons, 18 pratiquent la participation et ces associations diverses ne peuvent que très rarement avoir scrupule à publier leurs bilans. Les agents de change ont des situations très supérieures et les banquiers, comme les Compagnies d'assurances, ont intérêt à rechercher la publicité. Ces exemples de participation, en dehors du salaire de l'industrie qui nous occupe spécialement, sont à citer; mais il faut bien répéter que les établissements financiers qui les appliquent n'intéressent pas, ou du moins n'intéressent qu'indirectement, l'étude de la rémunération du travail dans les ateliers.

Les chiffres que nous avons donnés pour les imprimeurs, les serruriers, les mécaniciens, les peintres, s'appliquent simplement à la ville de Paris. Que seraient-ils si nous donnions ceux de la France, du monde entier!

Le résultat de 218 maisons dans le monde industriel, pour un système appliqué généralement avec succès par les maisons qui, sous des formes diverses, en ont réalisé la pratique, doit ouvrir les yeux à tous ceux qui jugent sans parti pris. Il n'est pas possible de méconnaître qu'il *doit exister des raisons graves qui s'opposent à la vulgarisation de cette pratique*. Elle est l'une de celles qui favo-

En Allemagne: les cotonnades, les capsules et cartouches, les produits chimiques, les feuilles d'étain, la papeterie.
En Angleterre : le gaz, les carrières, les confitures, la chaussure, les cuirs, tapis, robes, lingeries, confections, épiceries, vernis, couleur, moulins, semences, tabac, savon, distillation du goudron, pâtisserie, chandelles, appareils d'éclairage, fonderie, papeterie.
Aux Etats-Unis: 19 sont désignées seulement par la raison sociale; puis, savon, pianos, produits chimiques.
En Suisse : filature, constructeurs, boîtes à musique, imprimerie, savonnerie, cuirs, outillage, navigation, tramways, allumettes, horlogerie, appareils électriques.
En Italie : Sociétés coopératives, parfumerie, lainages.
En Hollande : huile, gélatine, alcool, stéarinerie.
En Danemark, Suède, Norvège : forges, agriculture, pâte de bois, scierie mécanique.
En Autriche-Hongrie : papeterie, assurances.
En Belgique : Compagnie d'assurances.
En Portugal : fabrique de tabacs.
En Russie : fabrique de bougies.

risent le plus la paix des ateliers, on a démontré qu'elle était favorable à l'intérêt général, elle donne quelques exemples d'association complète des intérêts — ils sont rares, mais ils sont remarquables. — On peut citer toujours la maison Leclaire, puis les papeteries de MM. Laroche-Joubert, Guise, Baille-Lemaire, etc., etc.; ces résultats, si remarquables qu'ils soient, restent isolés et ne paraissent pas, jusqu'à présent du moins, avoir d'action sur ceux qui, comme patrons ou directeurs, sont à la tête de l'industrie; les chefs de maison, les sociétés industrielles, restent insensibles et réfractaires; sans doute, nous l'espérons, le nombre d'adhérents à la participation ira toujours croissant, mais on ne saurait espérer qu'il se généralisera, il faut en chercher les raisons.

La raison qui nous paraît capitale, c'est que le principe de la participation aux bénéfices oblige à les faire connaître et a aussi pour conséquence morale de les faire contrôler; d'autre part, l'ouvrier coopère aux bénéfices, en ce qui touche le revient du produit; mais les affaires commerciales qui, souvent, jouent le premier rôle dans toute opération industrielle, soit pour les matières premières, soit pour la vente des produits, échappent absolument à l'action des ouvriers; *la participation les intéresse à des résultats commerciaux auxquels ils ne participent pas et elle oblige les maisons qui la pratiquent à faire connaître leurs affaires au public.*

Nous cherchons la raison des choses. L'ingénieur se rappelle souvent le vers du grand poète :

Felix qui potuit rerum cognoscere causas.

La publicité des résultats, l'influence considérable du commerce sur les résultats de l'industrie, sans parler de la mobilité du personnel qui n'est pas toujours de son fait, ne sont-elles pas les deux raisons dominantes de l'insuccès de la pratique de la participation?

Pour répartir une portion de ses bénéfices, il faut en avoir; il peut être quelquefois gênant ou désagréable de les faire connaître, mais il est bien à la fois plus gênant et plus désagréable de se trouver dans l'obligation de dire et de prouver à ses ouvriers, qu'on n'en a pas, que même le bilan constate des pertes. Cette obligation peut être la ruine d'une maison; dans tous les cas, elle est de nature à nuire à son crédit, à compromettre ses affaires. Combien y a-t-il de maisons dont la prospérité est continue? Combien y en a-t-il qui vivent dans la gêne? Combien y en a-t-il qui perdent de l'argent? On ne saurait le dire; on l'a cherché cependant et M. Che-

valier, qui a consacré tout un volume à l'étude du salariat — et ce n'est pas trop, — dit en s'appuyant sur l'enquête parlementaire, relative aux questions ouvrières, que sur 100 industriels, 10 gagnent de l'argent, 50 végètent, 40 font faillite (1). Nous n'avons pas de témoignages authentiques de la parfaite exactitude de ces chiffres, mais ils indiquent déjà que tout n'est pas rose dans l'industrie et qu'il peut y avoir là une raison très sérieuse contre la pratique de la participation.

Voici un autre fait très authentique qui intéresse la France et la Belgique :

M. Dujardin-Beaumetz, dans ses belles études graphiques sur les exploitations houillères en France et en Belgique, *Études qui sont toutes appuyées sur les statistiques officielles*, fait pour ces deux pays le compte des exploitations en perte, qu'il compare à celles en gain ; voici ses chiffres, pour la période de 1879 à 1885. Le nombre des mines en gain a varié de 190 à 209 ; leur valeur, de 197 millions à 239 ; le nombre de celles en perte, de 110 à 145 ; leur valeur, de 18 à 28 millions. Dans le bassin si riche du Pas-de-Calais, sur 33 exploitations on en a, en 1878, 12 en gain et 21 qui n'ont réalisé aucun bénéfice ou ont été en perte, même ont dû liquider.

En Belgique, M. Dujardin-Beaumetz nous fait le compte par province. Voici les chiffres pour 1881 :

Dans la province du Hainaut, les pertes des unes sont égales aux bénéfices des autres ; dans le bassin de Liège, les pertes s'élèvent à une fois et demie les bénéfices ; et dans la province de Namur, les pertes sont triples des bénéfices.

On trouverait des résultats analogues dans toutes les industries. Ce n'est certes pas dans ces conditions qu'on peut publier des bilans de satisfaction.

On croit trop aisément que l'industrie est toujours la fortune : nous ne prétendons pas qu'elle soit la boîte fatale de Pandore, mais il ne faut pas croire que ce soit un paradis. Rien n'est plus aléatoire que l'industrie, et bien que les Sociétés coopératives de production puissent être considérées comme un progrès social, quand elles réalisent des bénéfices continus, nous avouons que, malgré notre passion pour le progrès, nous ne pouvons nous empêcher de trembler quand nous voyons les ouvriers économes, qui

(1) *Les salaires au* XIX*e siècle*. Introduction, p. 10. Arthur Rousseau, 14, rue Soufflot. Ed. 1887.

se sont imposé de si grands sacrifices pour réaliser quelques économies, exposer ces économies dans l'industrie; rien n'est plus grave que de leur en donner le conseil, et nous ne saurions en prendre la responsabilité. Les questions économiques, administratives et commerciales, en dehors de beaucoup d'autres, ont trop d'action sur le succès d'une affaire, pour que nous puissions engager les ouvriers à y placer leur argent. Cet argent, gagné péniblement par eux, est pour nous trop sacré pour que nous songions à l'exposer dans aucune opération aléatoire, il faut à tout prix le conserver. Ceci soit dit, bien entendu, d'une manière générale. Il est parmi les ouvriers, comme partout, des hommes de génie qui savent se faire une place dans le monde; nous serons toujours les premiers à applaudir à leurs succès.

Cependant nous devons dire que quelques Sociétés coopératives de production se sont fondées et viennent de se réunir dans un banquet, présidé par M. Floquet, qui a eu un certain retentissement; le numéro du 24 mai 1889 de *l'Économiste français* en rend compte. Il dit qu'en 1833, la Chambre consultative des associations de production comptait une quinzaine de Sociétés adhérentes; elle en comprend vingt aujourd'hui. Il y en aurait, en outre, une dizaine indépendantes de la Chambre consultative.

Plusieurs de ces Sociétés comptent moins de dix membres, d'autres en ont une vingtaine; la plus importante est celle des charpentiers de la Villette qui est parfaitement dirigée, nous le savons, et composée d'hommes qui obéissent à leur chef comme des soldats à leur colonel; elle a traversé de rudes épreuves, mais elle a résisté, elle est prospère; elle comprend 186 membres, son capital est d'environ 100 000 *f*. Diverses autres Sociétés ont comme membres et capital les chiffres suivants :

Les ferblantiers	au nombre de	102	ont	125 000 *f*	de capital.
Les tailleurs	—	158	—	115 000 *f*	—
Imprimerie Nouvelle	—	1 000	—	200 000 *f*	—
Facteurs d'instruments	—	35	—	153 000 *f*	—
Ouvriers en limes	—	22	—	155 000 *f*	—
Les lunetiers	—	110	—	1 700 000 *f*	—

Voilà des chiffres que nous sommes très heureux de pouvoir inscrire.

Depuis soixante ans, nous avons environ trente Sociétés dont le tiers paraît solidement établi, c'est un exemple. Il est à suivre,

et chacun en a la liberté; mais il faut trouver toutes les conditions du succès. Combien de tentatives analogues ont échoué !

Qu'on en soit partout très convaincu, l'industrie est difficile, il y faut de la science, du travail, du dévouement. Il y faut de gros capitaux, celui qui en prend la charge porte une lourde responsabilité. Aujourd'hui, elle se trouve aux prises avec la question sociale, le socialisme d'État menace sa liberté, le socialisme révolutionnaire la conduirait promptement à la ruine... Il faut qu'elle songe avec générosité à l'homme qui est son instrument capital, qui est son agent direct, son collaborateur. L'ingénieur sait l'apprécier, il le connaît, il vit avec lui, il l'aime, il cherche à tout instant à le mettre à la place qu'il mérite ; l'ingénieur a grand intérêt à lui faire cette place, car il a besoin de son concours, il demande à son aide, à son collaborateur, je répète le mot avec intention, une certaine confiance ; le problème est difficile, on ne peut le résoudre que par l'union de tous les intérêts en présence : c'est donc cette union qu'il faut chercher.

Il est pénible de constater que la participation aux bénéfices n'est pas acceptée par l'industrie ; mais ce système, grâce à Dieu, n'est pas le seul que nous ayons à notre disposition; nous admirons les hommes qui l'ont créé, comme ceux qui l'ont appliqué, comme ceux qui l'ont défendu et continuent à le défendre... mais qu'a-t-il en vue ? Si nous ne trouvons pas dans ces résultats des faits qui nous rassurent pour l'avenir, voyons si parmi les modes divers de la rémunération du travail que nous avons déjà indiqués, il n'en existe pas que nous puissions unir en y associant des institutions patronales en vue de constituer l'épargne et d'en tirer un fruit pour l'avenir... Cherchons encore, le problème mérite toute notre attention ; plus il paraît difficile, plus il doit nous inspirer.

En examinant en détail ces divers modes de rémunération du travail, nous avons parlé avec un intérêt marqué des travaux à la tâche et à la façon, des sursalaires et des primes ; nous allons y revenir pour les unir, pour bien les mettre à leur place, pour fixer leur importance, pour signaler les grands services que les salaires appuyés sur ces bases peuvent rendre à l'industrie, aux ouvriers, aux succès des entreprises ; nous croyons qu'il y a là une voie très large de salut et de bienfaits, il faut unir les hommes et rejeter loin de nous tout ce qui les divise.

Pour que cette union capitale de tous les intérêts qui concourent

à la production soit pratiquée dans l'industrie, il est indispensable de satisfaire à trois conditions principales : produire *le plus* possible, *le mieux* possible, et surtout *au plus bas prix*. Il convient qu'un salaire spécial corresponde à chacune de ces trois obligations.

Le salaire à la tâche répond à la production, le sursalaire à la perfection, la prime aux économies.

Nous allons nous expliquer, et nous tenons à le faire de façon que notre raisonnement puisse s'appliquer à toute industrie ou au moins à la généralité des industries.

Que l'on examine l'industrie du tissage, la métallurgie du fer, l'industrie du sucre : plus le personnel ouvrier de ces fabrications diverses fera de mètres d'étoffe, plus il produira de kilogrammes de fer, plus il donnera de kilogrammes de sucre, toutes conditions égales, bien entendu, mieux il aura fait au point de vue de la quantité ; si l'étoffe ne présente aucun défaut, si le fer donne le maximum de qualité, si le sucre est parfait, la qualité aura mérité récompense; si enfin il n'y a aucun déchet, ou le minimum de déchet sur chaque produit, la prime d'économie sera gagnée.

L'ouvrier qui aura fait le mieux sous ces rapports divers, recevra pour sa tâche le salaire convenu ; à la surface, au poids ou au nombre ou, plus généralement, suivant l'unité déterminée ; un sursalaire pour la qualité du produit; une prime pour l'économie des matières employées, si l'on veut, ou sur le minimum du déchet.

L'ouvrier comprendra parfaitement ce triple salaire et cherchera à perfectionner chaque jour chacune des conditions du travail qui y correspond ; non seulement il le comprendra, mais il sera en position de mesurer lui-même ses progrès à chaque instant et, très souvent, de calculer le salaire total de la journée, parce qu'à chaque instant, il saura ce qu'il produit, si ce qu'il produit est bien, et s'il évite les pertes qui résultent des déchets qui toujours sont limités. L'ouvrier sera donc, à tous les titres qui intéressent son travail, intéressé lui-même. Plus d'inventaire, plus de contrôle, plus d'expert-juré; son compte quotidien est fait chaque jour d'après des éléments qu'il connait et qu'il contrôle ; le chiffre de son salaire mesure ses progrès.

L'ouvrier peut être fier d'avoir, dans l'industrie qu'il pratique, une part de bénéfice, bien que souvent il soit incapable de comprendre, de mesurer, de contrôler cette part ; mais comment n'aurait-il pas la même fierté, si le bénéfice lui vient directement de

ses propres efforts, s'il comprend et s'il mesure son action dans la manufacture qui l'occupe, s'il en touche les fruits? N'est-il pas certain qu'il mesurera mieux ses efforts et leurs résultats conséquents de son travail personnel, que les résultats de la participation dont bien des patrons ne veulent pas pour des raisons diverses? Mais, en tout état, la participation convient surtout aux industries très simples et aisément prospères; si on l'applique à des industries complexes, l'ouvrier l'accepte volontiers, mais il ne saurait la bien comprendre. Les pratiques de divers industriels se rapprochent beaucoup du système que je viens de tracer; en cherchant bien, on en trouverait, sans trop d'efforts, parmi ceux qui pratiquent ou croient pratiquer la participation.

Nous l'avons vu plus haut, sur cent établissements industriels, beaucoup végètent, beaucoup perdent de l'argent. Ceux-ci, très nombreux, ne peuvent donner à leurs ouvriers une part sur les bénéfices qu'ils n'ont pas; mais ils peuvent les intéresser à travailler dans des conditions très parfaites par les combinaisons des salaires à la tâche, à la perfection du travail et à l'économie du revient; ils en font des associés. Les résultats de l'industrie peuvent ainsi s'améliorer; des ouvriers qui travaillent avec ces encouragements, qui peuvent les mesurer, peuvent améliorer une affaire, la sauver au profit de tous, et transformer en maison prospère une maison qui était défaillante. Ce sont ces maisons défaillantes qui ont l'intérêt le plus majeur à former un personnel intéressé à leur relèvement, et il n'y a pas pour elles de méthode plus efficace que l'ensemble du système que je précise, qui souvent se pratique partiellement, quelquefois généralement, mais dont on ne fait pas assez ressortir les bienfaits.

Ce système, d'ailleurs, est accepté sans réserve dans de très nombreux ateliers, non pas peut-être avec les distinctions absolues que nous avons indiquées; mais les applications fréquentes, qui en sont faites, reposent sur les mêmes principes et c'est un grand bien; il faut le marquer davantage, on le fera mieux apprécier et il produira des fruits plus mûrs et plus savoureux. Nous sommes très convaincu qu'une enquête sur cette question révélerait que c'est là une organisation toute française, qui fait partie de nos mœurs industrielles, qui témoigne des us et des coutumes de notre pays, et que les ouvriers y trouvent leur intérêt aussi bien que leurs patrons. Mais on n'appelle pas assez l'attention publique sur ce système, on ne lui a pas donné l'éclat dont il est digne. On n'a pas parlé de lui, la paix qu'il donne paraît s'ignorer.

Il vit en paix, tranquille et satisfait, comme les peuples sans histoire qui restent inconnus et heureux.

Il convient d'observer que la combinaison que nous venons d'exposer n'est pas souvent liée aux institutions patronales, comme ont voulu le faire, avec raison, une grande partie des manufacturiers français qui ont pratiqué et pratiquent la participation. On a créé des caisses de secours mutuels, constitué des patrimoines, des pensions viagères, etc., etc. Mais ne peut-on pas faire la même chose avec le salaire intéressé que nous recommandons? Rien n'est plus simple, et déjà nous en avons de très beaux exemples. La difficulté est entière dans l'organisation. L'organisation que nous conseillons donne le profit, le capital conséquent des sursalaires et des primes; en résumé elle donne l'argent, on en a la disposition; on peut, par conséquent, diriger l'ouvrier dans la voie de l'épargne. Mais, à notre avis, on ne saurait rien imposer: pour que ces bienfaits soient possibles, il suffit que l'industriel veuille s'appuyer sur les institutions patronales et qu'au point de vue spécial de l'épargne, il tienne à ses ouvriers un langage plus ou moins rapproché de celui-ci.

Le patron dirait à ses ouvriers :

« J'ai organisé dans mes ateliers un salaire divisé en trois » parties : la tâche applicable à la quantité du produit; le sur- » salaire à la qualité ; la prime à l'économie La tâche est la » partie la plus importante, elle peut suffire à la vie ; le sur- » salaire et la prime peuvent être réservés pour l'avenir; et pour » bien marquer que les sursalaires et les primes sont spéciaux » dans l'esprit de ma maison et doivent être appliqués aux œu- » vres de prévoyance, le compte des gains pour sursalaire et » prime ne sera établi que par trimestre.

» Si vous le désirez, je suis disposé à vous guider dans cette » voie de l'epargne et à m'en occuper de manière à assurer au » mieux vos intérêts ; mais je tiens à vous laisser à ce sujet la li- » berté la plus entière.

» Vous avez l'un de ces trois partis à prendre : constituer un » patrimoine, vous assurer une retraite, disposer de la somme » totale gagnée par le sursalaire et les primes comme vous l'en- » tendrez.

» Pour la constitution du patrimoine, je puis inscrire sur un » livret spécial et définitivement à votre crédit les sommes ac- » quises ; je vous en servirai l'intérêt à 4 0/0, mais je ne con-

» serverai jamais dans ma caisse une somme supérieure à 500 *f.*
» Quand cette somme vous appartiendra, j'achèterai pour vous,
» à votre nom, une obligation de tout repos qui restera en
» dépôt dans ma caisse; j'en toucherai pour vous les intérêts,
» qui pourront être joints à votre crédit. Votre patrimoine se
» formera ainsi peu à peu. Si vous quittez ma maison, je vous
» remettrai la somme portée à votre livret individuel et vos
» titres. Jamais vous n'aurez à redouter la déchéance et toujours
» vous conserverez toute votre liberté.

» Si vous voulez constituer une retraite à fonds perdus ou à
» capital réservé, et c'est ce dernier mode que je vous conseille,
» vous pourrez verser vos gains en sursalaire et primes à la
» caisse des retraites de l'État. Je me chargerai volontiers de
» toutes les formalités nécessaires. Si encore vous voulez cons-
» tituer une assurance sur la vie, je vous applaudirai; je vous
» indiquerai ou vous ferai indiquer la meilleure voie. L'assu-
» rance est trop méconnue en France; les Anglais, les Améri-
» cains la pratiquent avec raison dans tous les rangs de la société
» et pratiquent surtout l'assurance ouvrière. »

On ne saurait méconnaître que l'appui d'un patron peut être utile à de nombreux ouvriers. Si les institutions patronales, qui ont justifié l'Exposition d'économie sociale, sont appliquées avec succès dans toutes nos grandes industries, c'est qu'elles rendent les plus grands services; elles honorent le pays, elles sont un lien puissant entre le patron et l'ouvrier. Nous ne voulons pas que ce lien soit une chaîne. Si l'ouvrier juge, à tort ou à raison, qu'il doit lui-même se charger de tout ce dont se chargent ces institutions, notre pensée n'est pas de le contraindre à les subir. Nous serons les premiers à le féliciter de ses succès; nous aurons rencontré des hommes réfléchis qui sauront eux-mêmes s'imposer des sacrifices, qui sauront choisir pour le placement de leurs économies les meilleures valeurs, qui, en somme, se constitueront sûrement un patrimoine, une retraite, une assurance sur la vie; nous les applaudirons des deux mains. Ils résisteront à tous les entraînements des grandes villes, ils ne songeront qu'aux joies du foyer; nous ne serons jamais plus heureux que de constater un aussi bienfaisant résultat. L'ouvrier est libre et doit rester libre de faire de son gain ce qu'il juge le mieux et même, si pénible que ce soit pour nous de l'écrire, de le dissiper soit en futilités, soit même en plaisirs malsains en dehors de la famille

et de tous les devoirs. On ne saurait imposer le bien : pour l'obtenir, il faut convaincre.

Nous avons la ferme intention de convaincre ; nous sommes pénétré de la pensée que c'est là le rôle, le devoir du patron. Nous observerons, toutefois, que si ces réflexions sont liées à la question du salaire, elles n'en font pas absolument partie ; mais nous n'avons pas cru qu'on pùt parler du salaire sans les indiquer. Elles occupent une très grande place en France ; la Société de participation aux bénéfices s'y intéresse à un point élevé ; elles entrent dans son programme, à titres divers, dans les deux tiers des manufactures de notre pays qui la pratiquent. Notre devoir était d'en parler, et nous voulions marquer tout l'intérêt que la Société des Ingénieurs civils, que nous avonsl'honneur de représenter ici, porte à ces questions d'avenir, si graves, si capitales pour la classe ouvrière. Mais, nous le répéterons encore, nous voulons convaincre, nous ne voulons pas contraindre.

Tout respire la liberté dans l'ensemble que nous exposons. L'ouvrier n'est lié qu'à ses intérêts ; il observe la permanence des engagements, s'il y trouve son profit. Nous croyons qu'il doit l'y trouver : à lui de le juger. Nous lui offrons le concours, l'appui de ses patrons pour l'avenir ; il en profitera, s'il le juge bon : il ne faut rien imposer. Nous voulons que la liberté du travail ne soit pas une lettre morte, et si, dans toutes les circonstances, nous avons conseillé l'épargne, que nous avons particulièrement défendue dans le *Patrimoine de l'ouvrier* (1), c'est que nous jugeons que cette épargne seule peut conduire l'ouvrier à sa liberté, et qu'elle perdrait son plus grand mérite, si elle perdait le cachet qui l'honore, la volonté de celui qui se l'impose.

Nous avons traité la question du mode de rémunération, nous n'avons rien dit de la rémunération elle-même, nous n'avons pas cherché à la préciser ; son quantum est en dehors de notre étude. Nous n'avons parlé que du principe, et nous croyons qu'en principe le salaire doit être établi de manière à unir ceux qui le servent et ceux qui le reçoivent. Il doit répondre aux intérêts communs, il ne doit pas les diviser. Si nous ne parlons pas du quantum, ce n'est pas à dire assurément qu'il nous soit indifférent. Nous savons que le salaire s'est élevé sensiblement, surtout dans la deuxième partie de ce siècle. Les augmentations successives dont il a profité sont générales ; les salaires agricoles, ceux de la petite

(1) *Le Patrimoine de l'ouvrier*. 1885. Guillaumin et Cie. A. Gibon.

industrie, ceux de la grande industrie se sont accrus dans une proportion notable (1). Est-ce à dire que les ouvriers soient plus heureux? Il est difficile de répondre à cette question. On peut dire que, jamais les ouvriers n'ont présenté autant de revendications; on peut affirmer que les grèves n'ont jamais été ni plus nombreuses ; ni plus violentes. On doit dire aussi que dans l'industrie notamment, et surtout dans les grandes villes, les dépenses de l'ouvrier se sont accrues dans une plus grande proportion que ses salaires, que l'épargne n'a pas pris de racines puissantes dans les ménages des ouvriers de l'industrie, comme elle s'est si heureusement conservée parmi les travailleurs agricoles. C'est là où se crée et où se conserve la fortune de la France. Il est clair que si l'ouvrier dépense tout ce qu'il a gagné et quelquefois plus, sa position sera toujours précaire. Tout ce qui peut être fait pour encourager l'épargne et pour lui assurer des garanties est capital. Mais il faut que l'ouvrier s'y prête, qu'il devienne économe, qu'il gagne son indépendance; nous croyons que ce n'est pas impossible.

En terminant, Messieurs, nous ne reviendrons pas sur la participation aux bénéfices. Mais nous voulons dire que c'est à regret, qu'instruit par la statistique, nous n'avons pu lui faire la place que nous lui souhaitons. Cette place, elle ne l'a pas conquise encore, mais elle a conquis une place honorable dans l'esprit public, parce que sa pensée est généreuse et généreusement appliquée par un grand nombre de ceux qui pratiquent le système. Cette Société a fait de la participation un emploi qui intéresse les retraites, les pensions viagères, la capitalisation sur livrets individuels; dans certains cas rares, il est vrai, *elle applique la participation au capital de l'entreprise qui la lui fait gagner*. Nous croyons qu'il faut être très prudent dans cette voie ; elle présente des dangers, elle est attrayante, mais nous avons affaire à de l'argent sacré. Cet argent ne doit pas être exposé. Quoi qu'il en soit, c'est le caractère patronal qui intéresse à la participation. Pourquoi donc n'appliquerait-on pas aux mêmes œuvres une part au moins du sursalaire et des primes?

Nous avons déjà indiqué ce qui pourrait être fait avec le concours des patrons ; les patrons feront dans cette voie utile tout ce qu'ils voudront si leurs intentions de faire le bien sont viriles.

(1) Voyez *les Salaires au* XIX*e* *siècle*, par Emile Chevalier. Arthur Rousseau, éditeur, 14, rue Soufflot.

Oui, nous avons dit qu'on devait laisser à l'ouvrier toute liberté, c'est nécessaire et c'est justice... Mais il convient d'abord de séparer la paye du travail à la tâche de celles du sursalaire et des primes... faire celles-ci par trimestre et démontrer aux ouvriers leur très grand intérêt de faire application de ces gains au repos des vieux jours. Faut-il y appliquer la totalité de ces salaires ou une part? Veut-on diviser la poire en deux, se rafraîchir de suite avec une moitié, conserver l'autre pour l'avenir? soit, c'est là affaire de détail ; mais en vérité, tous ceux qui méritent ce beau titre de patron sauront convaincre leurs ouvriers et l'œuvre se réalisera ; dès qu'elle sera commencée, nous sommes assuré de son succès. S'il en est que l'œuvre ne touche pas, s'il en est qui veuillent et sachent s'occuper de leurs intérêts, nous avons dit ce que nous en pensions.

Aucun lecteur ne mettra en doute notre sincérité au sujet du bien que nous avons dit de la participation aux bénéfices. L'hommage que nous avons rendu au principe et aux hommes qui l'appliquent n'est pas platonique, il est très sérieux ; si nous cherchons à lier par un autre système l'intérêt du travail à celui du capital, c'est parce que la participation ne se vulgarise pas, elle n'est qu'une exception après un demi-siècle d'expérience. L'industrie est difficile, nous avons vu qu'elle était rarement prospère... la combinaison que nous soutenons a non seulement le caractère d'union des intérêts, mais elle a le mérite particulier de pouvoir s'appliquer avec avantage dans les Compagnies et chez les patrons qui rencontrent de grandes difficultés pour arriver au succès ; l'industriel aura toujours grand intérêt à produire beaucoup, à produire bien et avec économie, il aura toujours intérêt à payer son personnel d'autant plus qu'il réalisera ces trois conditions : quantité, qualité, bas prix de revient et, fait considérable qui appuie ma thèse, c'est qu'*il aura d'autant plus d'intérêt à le faire que sa position sera plus difficile et qu'en l'appliquant, il peut et doit arriver à rendre prospère toute maison qui se trouve placée dans de bonnes conditions économiques et commerciales*. C'est là un dernier argument qui doit convaincre tous les esprits de bonne foi. Sur ces bases, que l'ouvrier et le patron s'entendent pour la réserve à faire à l'épargne, pour la garantie à lui assurer : ce sera un grand pas de fait. Sans doute ce ne sera pas tout, mais nous ne parlons ici que des salaires ; nous parlerons peut-être un jour des misères spéciales qui le font dévier du chemin moral qu'il doit suivre quand il a été acquis par un rude labeur, mais déjà je crains d'avoir été trop long et il faut se borner.

Nous voulons espérer, Messieurs, que les idées que nous défendons ont été bien comprises. Si nous nous attachons autant au mode du salaire et à l'épargne sur le salaire, c'est que la paix des ateliers nous est particulièrement chère et que, pour l'ouvrier, le seul moyen de conquérir avec honneur son indépendance, c'est d'assurer son avenir; pour le principe comme pour les détails, nous avons cherché la vérité au fond de notre conscience, nous parlons avec l'expérience acquise par ceux qui ont dirigé de grands ateliers et consacré une partie de leur vie aux questions sociales qui, aujourd'hui, occupent le monde entier. Nous voulons élever l'ouvrier au titre de collaborateur, nous voulons que son salaire soit lié à tous les intérêts auxquels il coopère, nous en faisons réellement un associé au succès de l'industrie. Ce succès, c'est sa fortune; c'est plus, c'est la paix, ou si vous le jugez comme le maître qui nous guide ici et qui a le droit de parler sur ce grave sujet: c'est *l'entente complète touchant la fixation du salaire.* Nous avons terminé. Nous pouvons dire que notre parole est absolument indépendante... c'est ainsi qu'elle nous a été demandée, c'est ainsi qu'elle vous a été donnée.

NOTE

SUR LA

NITRIFICATION DES KOMS

OU

ANCIENS MONTICULES ÉGYPTIENS

PAR

M. VENTRE-BEY

INGÉNIEUR EN CHEF DE LA DAÏRA SANIEH DE S. A. LE KHÉDIVE

La nitrification de certaines ruines anciennes, particulièrement en Égypte, s'explique difficilement par l'hypothèse du simple apport de l'azote atmosphérique se transformant en acide nitrique; et cette question, pour l'Égypte, malgré toute la science de nos devanciers, est restée assez obscure.

Tantôt on attribue le phénomène simplement à la porosité de la matière sur laquelle ce phénomène s'est manifesté; mais les expériences classiques de Boussingault sur le rôle des corps poreux dans la nitrification du sol excluent cette hypothèse, et Cloëz, d'après une expérience relatée par M. J. Gay-Lussac, membre de l'Institut égyptien, a prouvé qu'un courant d'air à travers du biscuit, même en présence des bases alcalines pour favoriser la transformation, ne donne rien.

Tantôt on l'attribue à la présence du peroxyde, du sesquioxyde de fer abondant dans le sol égyptien et ses matériaux, limon, briques crues ou cuites, débris de poterie, etc., etc., cet élément d'oxydation étant répandu aussi bien dans la terre végétale que dans ces matériaux, dans ces débris de « koms » ou monticules qui en proviennent et l'expérience de Cloëz relatée ci-dessus pouvant réussir avec la brique ferrugineuse ; mais l'abondance plus

grande du nitre, azotates de potasse, de soude ou de chaux, que l'on va chercher à l'intérieur du kom plutôt qu'à sa surface paraît exclure ou, plutôt, ne pas justifier suffisamment cette hypothèse. D'ailleurs si la nitrification n'était due qu'à cette cause, l'oxyde de fer régnant abondamment dans le sol égyptien comme dans ces monticules, dont les matériaux ne sont en somme formés que de substances provenant de ce sol, le phénomène devrait se produire ici et là, en général, avec une intensité égale, et toujours, ce qui n'est pas.

On a fait intervenir l'influence des masses aidée par la déliquescence ou l'efflorescence des produits existants ou subséquents, et aussi l'état électrique particulier de l'air ozonifié, principalement à l'époque du khamsin (vents chauds et secs régnant au printemps en Égypte).

L'Institut égyptien s'est occupé maintes fois de cette question: mais il ne peut y avoir là qu'une action passagère, ou du moins de durée et d'énergie insuffisantes, car après tout, il ne tonne presque jamais, il ne pleut pour ainsi dire pas en Égypte, il ne se produit guère de décharges électriques si apparentes pour expliquer une nitrification aussi abondante et, j'insiste encore une fois sur ce point particulier, qui paraît plus abondante dans l'intérieur de la masse, c'est-à-dire, juste à l'opposé de ce qui devrait être, dans les parties les moins exposées à ces rares effluves électriques.

Reste enfin l'explication pouvant découler des expériences de Boussingault d'une part, de Cloëz d'autre part, et faisant intervenir dans la nitrification du sol l'influence de l'oxyde de fer en présence des matières organiques; mais je dois rappeler de suite que la vraie théorie de la nitrification du sol, entrevue par Boussingault, suggérée par M. Pasteur, n'a été complètement établie que par les dignes successeurs de l'illustre Boussingault, MM. Schlœsing et Müntz.

Résumons, en deux mots, cette théorie:

«La matière organique, morte — ainsi s'exprime un de ces savants — est constamment, dans la nature, en voie de décomposition sous l'influence d'organismes microscopiques qui ont pour fonction finale de ramener les éléments à une forme minérale simple; le règne végétal, comme le règne animal, est soumis à cette même loi. Lorsqu'un sol est suffisamment perméable à l'air et qu'il contient une certaine quantité de calcaire, il est le siège d'une destruction rapide des éléments organiques par une véritable com-

bustion. La nitrification est la partie la plus importante et la plus caractéristique de cette action; elle s'accomplit sous l'influence d'un organisme microscopique extrêmement petit qui est partout présent dans la terre végétale et qui travaille à la modification de la matière azotée lorsqu'il est en présence de calcaire et d'une quantité suffisante d'air ou atmosphère oxydante et d'humidité; il fixe l'oxygène sur la matière organique, en transformant le carbone en acide carbonique, l'hydrogène en eau, et l'azote en acide nitrique. »

Ainsi la nitrification proprement dite du sol n'est pas une source d'azote dérivée de l'atmosphère, comme on le croyait et comme on l'a professé longtemps; elle ne fait que modifier l'azote déjà existant dans les composés organiques ou ammoniacaux. Plus les sols seront riches en matières organiques, plus ces phénomènes d'oxydation s'accentueront dans la terre; mais dans les sols mal assainis, mal aérés, noyés par les eaux et quoique exceptionnellement riches en matières organiques, comme les tourbières, cette oxydation est impossible.

Cela dit, revenons à nos koms.

Puisque la présence de la matière organique paraît absolument nécessaire à la nitrification, pourquoi ne pas appliquer cette théorie si simple, vérifiée par la grande expérience, et qui, dans les conditions où nous nous trouvons comme aération, degré d'humidité due à la présence de sels déliquescents, comme les chlorures, etc., et produits, à bases alcalines ou alcalino-terreuses, — n'exige que la présence de la matière organique? Et, par le fait, c'est ce qui a dû se passer, car on ne saurait contester qu'en Égypte, pays remarquablement privé de pluies et d'orages, ce phénomène doit pouvoir se produire partout où la terre à limon, dont nous connaissons la composition minérale, coexiste soit dans les champs avec les débris organiques des végétations présentes, soit dans les anciennes villes ou villages avec les résidus des végétations passées, détritus sur détritus, ruines sur ruines, déjections sur déjections, le tout accumulé par les générations successives d'hommes et d'animaux qui s'y sont établies; ces anciens lieux habités émergeant toujours au-dessus de l'eau, même pendant les plus fortes inondations, ce qui ne peut que rendre l'oxydation plus facile (il n'y a qu'à se reporter à la théorie que je viens de citer pour la discussion de ces conditions particulières).

En résumé : même explication pour la nitrification des koms que pour le sol; l'intensité seule du phénomène diffère, l'accu-

mulation des matières organiques, soit végétales, soit animales, en décomposition dans ces anciens lieux habités étant plus grande: la production nitrique cessant ensuite par l'épuisement complet de la matière organique qui alimentait le phénomène, et les nitrates formés ne pouvant être entraînés, ces monticules étant à l'abri des eaux et grâce encore au manque de pluies.

Enfin la variation de l'accumulation de ces matières tant végétales qu'animales, de l'agglomération des habitants, suffit pour expliquer aussi pourquoi parmi tous ces koms composés originairement des mêmes matériaux, les uns sont riches en nitrates, et les autres pauvres en cet élément : c'est ainsi que certains koms, comme ceux de Akmim (nord du village), Rodah (cheik Abadeh et Achmounin) et Menchich (sud-ouest du village) contiennent 4, 5 et jusqu'à 7 0/0 de nitrate de potasse, tandis qu'il y a d'autres koms qui ne renferment que des quantités insignifiantes de ce sel.

Et cependant, je le répète, ni la porosité, ni les effluves électriques, ni l'influence des masses à efflorescence ou déliquescence, ni l'élément ferrugineux oxydant, ni les bases alcalines ne manquaient dans l'un et l'autre cas.

On ne saurait donc ne pas conclure que la cause déterminante de la nitrification de ces koms ou anciens monticules égyptiens, dont quelques-uns constituent de vraies nitrières, a été la présence de la matière organique, et subsidiairement que le maintien d'une certaine proportion de cette matière organique, ou humus, dans le sol arable, est une des conditions essentielles de sa fertilité.

La savante théorie de MM. Schlœsing et Müntz trouve donc en Égypte, dans les faits que je viens de citer, une immédiate application, champ d'expériences bien intéressant, puisqu'il permet de vérifier d'une façon particulièrement heureuse ces nouvelles données de la science.

Les analyses suivantes du sol égyptien ne peuvent, il nous semble, que confirmer les idées que nous venons d'émettre.

Analyses moyennes par lévigation de 36 échantillons de terres, prélevés dans la Haute et Moyenne Égypte, faites au laboratoire PAYEN et présentées par MM. PAYEN, CHAMPION, PELLET et GASTINEL-BEY, en 1871-72.

(Sur 100 grammes)

	SABLE	APRÈS la calcination DU SABLE	MATIÈRE organique insoluble DU SABLE	SELS et matières organiques SOLUBLES	Après la calcination des sels et matières organiques solubles.	MATIÈRE ORGANIQUE soluble	ARGILE	APRÈS la calcination DE L'ARGILE	MATIÈRE organique insoluble DE L'ARGILE	MATIÈRES ORGANIQUES TOTALES et eau combinée	Pour 100 DE MATIÈRE NORMALE DOSAGES correspondants de L'AZOTE	Pour 100 DE MATIÈRE NORMALE DOSAGES correspondants de L'ACIDE phosphorique
Terres fortes, analyses moyennes	26,65	24,20	2,45	0,90	0,70	0,20	72,45	61,90	10,55	13,20	0,064	0,16
	16,35	15,05	1,30	1,20	1 »	0,20	82,45	68,70	13,75	15,25	0,042	0,23
	13,80	13,10	0,70	10,60	9,50	1,10	75,60	60 »	15,60	17,40	0,057	0,19
	14,80	13,80	1 »	0,70	0,50	0,20	84,50	74,10	10,40	11,60	0,041	0,26
Terres légères, analyses moyennes	62,50	59,90	2,60	0,80	0,60	0,20	36,70	30,90	5,80	8,60	0,064	0,16
	46,80	43,20	3,60	0,80	0,50	0,30	32,40	47,50	4,90	8,80	0,057	0,16
	67,70	62,20	5,50	0,40	0,25	0,15	31,90	28,30	3,60	9,25	0,064	0,26
	61,10	56,40	4,70	0,30	0,20	0,10	38,60	34,15	4,45	9,25	0,098	0,29

RÉSULTATS DES ANALYSES FAITES PAR GASTINEL BEY, EN 1881,

dans les mêmes régions que celles qui précèdent

après extension de la culture intensive d'été (analyses relevées sur les feuilles originales de l'auteur) 22 échantillons de terres

Sur 100 de matière préalablement *desséchée* à 100 degrés.

NUMÉROS DES ÉCHANTILLONS	1 (A)	1 (B)	2	3	4	5	6 (A)	6 (B)	7	8	9	10	11	12 (A)	12 (B)	13 (A)	13 (B)	13 (C)	14	15	16 (A)	18
Matière organique soluble 0/0. . . .	0,030	0,475	0,140	0,380	0,410	0,150	0,220	0,100	0,130	0,200	0,300	0,400	—	0,150	—	5,100	6,860	0,300	0,300	0,150	2,830	0,300
Matière organique insoluble 0/0 . .	7,850	5,650	7,150	5,170	5,590	5,600	6,220	8,330	8,830	7,230	4,210	7,220	6,160	7,450	8,250	6,080	6,130	4,780	7,400	6,300	3,780	5,350
Azote total.	0,177	0,133	0,182	0,138	0,150	0,146	0,161	0,220	0,224	0,185	0,112	0,190	0,154	0,190	0,206	0,279	0,315	0,127	0,192	0,161	0,165	0,141
Chlorure de sodium.	0,162	0,102	0,082	3,189	0,041	0,102	—	—	—	—	—	0,330	0,007	0,204	0,030	5,800	0,718	0,578	0,800	0,250	15,024	0,260
Sulfate de soude. .	—	0,490	—	0,845	0,169	0,231	0,018	0,153	0,114	0,100	0,020	1,070	0,122	0,026	0,150	0,180	0,061	0,520	0,560	0,350	0,969	0,490
Acide phosphorique.	0,40	plus de 1/2 °/o	0,57	plus de 1/2 °/o	plus de 1/2 °/o	plus de 1/2 °/o	0.12	plus de 1/2 °/o	plus de 1/2 °/o	plus de 1/2 °/o	plus de 1/2 °/o	0,23	0,55	0,85	plus de 1/2 °/o	0,79	0,36	0,45	0,32	0,52	—	—
Carbonate de soude.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,878	—

Les efflorescences salines à réactions alcalines contenaient de la potasse, de la soude, de la chaux, de la magnésie avec beaucoup de sulfate et chlorure de sodium.

REMARQUES au sujet des comparaisons à faire entre les résultats ci-dessus et ceux de la page 9 : Le tableau page 9 donne Az et $Ph O^5$, rapportés à 100 de matière normale et l'humidité pas dosée. Voir (p. 12) le pouvoir absorbant, pour l'eau, du limon ou terre égyptienne.

COMPOSITIONS MOYENNES

de l'Eau et du Limon du Nil, d'après les analyses faites par le Professeur docteur Letheby, du " London Hospital Collège ", sur des échantillons prélevés chaque mois pendant une année entière.

1° EAU DU NIL

PAR LITRE D'EAU	MINIMUM	MAXIMUM
	gr.	*gr.*
Matières organiques.	0,0051	0,1841
Matières minérales	0,0383	1,3074
Totaux.	0,0434	1,4915

II. LIMON MOYEN DU NIL	ÉCHANTILLONS PUISÉS PRÈS DU CAIRE	
	PENDANT LA CRUE	PENDANT L'ÉTIAGE
Acide phosphorique	1,78	0,57
Chaux	2,06	3,18
Magnésie	1,12	0,99
Potasse	1,82	1,06
Soude	0,91	0,62
Alumine Oxyde de fer	20,92	23,55
Silice	55,09	58,22
Eau combinée Matières organiques	15,02	10,37
Acide carbonique Pertes	1,28	1,44
	100,00	100,00

ANALYSE DE LIMON DU NIL

FAITE A PARIS AU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE

Par **M. TERREIL**

(Sans indication de provenance.)

Acide phosphorique	0,24
Chaux	2,63
Magnésie	3,42
Potasse	0,91
Soude	2,52
Alumine	21,90
Oxyde de fer	4,72
Silice	50,37
Eau combinée et matières organiques	11,52
Acide carbonique	1,66
Pertes	0,11
	100,00

100 *kg* de limon absorbent 53,840 *kg* d'eau.

La grande finesse des éléments empêche (comme pour la terre) la séparation à l'analyse mécanique du sable et des silicates de l'argile proprement dite.

Analyses comparées de l'Eau du Nil et de l'Eau de Puits creusés à une assez grande distance du fleuve, et au niveau des infiltrations au travers de la couche d'alluvions.

PAR LITRE D'EAU (Étiage)		EAU D'INFILTRATION DE PUITS	EAU NATURELLE DU FLEUVE
Matières dissoutes	Chaux	0,1656	0,0424
	Magnésie	0,0453	0,0100
	Soude	0,0820	0,0062
	Potasse	0,0037	0,0144
	Chlore	0,1360	0,0067
	Acide sulfurique	0,0593	0,0216
	Acide nitrique	0,0017	
	Silice, alumine et oxyde de fer	0,0180	0,0097
	Matières organiques	0,0060	0,0175
	Acide carbonique et pertes	0,1226	0,0403
MATIÈRES TOTALES SOLIDES APRÈS ÉVAPORATION		0,6402	0,1688

TENEURS EN BASES ALCALINES DES SOLS ÉGYPTIENS
analysés par Terreil, au Muséum d'Histoire Naturelle de Paris.

Potasse.	De 0,88 à 1,02 0/0
Soude	De 1,13 à 2,81 0/0
EAU COMBINÉE ET MATIÈRES ORGANIQUES POUR 100, LIMON DU NIL	
D'après Payen et Poinsol	8,06
— Silliman	6,90
— Lassaigne.	20,00 dont 11 d'eau
— les chimistes du laboratoire Payen. . . .	10,8 à 15,6
AZOTE POUR 100, LIMON DU NIL	
D'après de la Jonchère	0,21
— les chimistes du laboratoire Payen. . . .	De 0,10 à 0,13

COMPOSITION DES GAZ RENFERMÉS DANS L'EAU DU NIL d'après un échantillon analysé par les chimistes du laboratoire Payen.

UN LITRE RENFERMAIT	CENTIMÈTRES CUBES
Acide carbonique	5,07
Azote	11,81
Oxygène	4,88

Ce litre d'eau, dont l'analyse a été poussée jusqu'au millième, et dont on ne fait connaître ni l'époque du prélèvement ni la provenance exacte *aurait donné* 0gr,25 *de résidu sec,*

AURAIT RENFERMÉ	GRAMMES
Silice	0,034
Acide sulfurique	0,017
Chaux	0,010
Chlore	0,004
Acide phosphorique	traces

ANALYSES DE M. MUNTZ (sur des échantillons prélevés contradictoirement au Caire)

POUR 100 GRAMMES DE SUBSTANCES TOTALES CONTENUES DANS L'EAU DU NIL EN SEPTEMBRE	EN DISSOLUTION	EN SUSPENSION
	gr.	*gr.*
Azote	0,107	0,300
Acide phosphorique	0,040	0,410
Potasse	0,366	15, »
Chaux	4,800	7,050

ANALYSE D'UN ÉCHANTILLON

dit de « Limon du Nil », remis à M. Schlœsing et dont le résultat a été communiqué à l'Institut Égyptien, le 7 mars 1890, sans indication de provenance, ni d'époque et mode de prélèvement de l'échantillon, ni du procédé employé pour sa dessiccation en Égypte (demandé de Paris).

ANALYSE PHYSIQUE POUR 100 DE LIMON SEC	
Cailloux et graviers	Néant.
Gros sable	20
Sable fin	59
Argile	21

ANALYSE CHIMIQUE POUR 100 DE LIMON SEC	
Silice	50,40
Potasse	1,10 (1)
Soude	1,20
Chaux	4,70
Magnésie	3,20
Alumine	19,80
Sesquioxyde de fer	11,70
Acide carbonique	0,91
Acide phosphorique	0,08
Eau combinée et matières organiques	8,20
TOTAL	101,29

(1) Dont 0,048 soluble dans l'acide nitrique très faible.

D'après l'analyse mécanique ci-dessus, on peut classer cette analyse parmi celles relatives aux dépôts sablonneux du fleuve et correspondant aux terres légères de la vallée du Nil. (Voir p. 9.)

ANALYSES DE KOMS DE LA HAUTE ET MOYENNE ÉGYPTE

(Anciens monticules égyptiens)

FAITES AU LABORATOIRE PAYEN A PARIS

ET

Présentées à S. A. le Khédive en 1871-72

Par MM. PAYEN, CHAMPION, PELLET & GASTINEL-BEY

Sur 100 gr. de MATIÈRE NORMALE. — La Potasse et la Soude dosées à l'état de chlorures de potassium et de sodium.

PROVENANCE DES ÉCHANTILLONS	CENDRES	AZOTE	ACIDE PHOSPHORIQUE	LES DEUX CHLORURES
Minieh (échantillon moyen)	84,6	0,34	1,02	0,30
Esneh (échantillons des koms de la ville)	84,2	0,54	1,27	1,05
Edfou (échantillons des koms de l'O. du temple)	89,7	0,31	0,89	0,45
Médinet el Fayoum (échantillons des koms Farès)	86	0,40	0,12	2,40
Minieh (kom el Louf)	84	0,54	1,15	1,20
Gous (moyen 4 k. E. du Nil)	82,4	0,72	0,66	1,35
Sfoun (moyen de la ville)	84,3	0,43	traces	0,75
Kosr el Sayad (échantillon moyen)	89,8	0,40	0,79	0,90
Gamoula —	88	0,29	0,90	0,45
Minieh-Tellah —	84,8	0,60	0,83	1,20
Cheiz-Ziad —	84,4	0,46	0,88	2,25
Coft (moyen koms l'O de la Salpêtrière)	90,6	0,23	0,64	0,90
Montana (— 1/2 k. O. du Nil)	90	0,14	0,51	0,45
El Kab (— 3 k. S. débris de poteries)	90,2	0,20	0,66	1,20
Dendérah (— devant le Temple)	85,4	0,32	0,63	1,80
Samalout (moyen)	81,4	0,42	0,83	0,60
Rédessieh —	82,6	0,00	0,30	0,81
Médinet Abou (moyen)	84	0,25	0,44	0,40
Louqsor (moyen des koms)	85	0,88	1,17	1,50
Ruines de Gournah	89,2	0,17	0,05	0,00
Abou Kourgas (moyen des koms)	87,1	0,14	traces	0,00
Karnac (près du grand Temple)	91,4	0,34	0,43	0,30

SUITE DES ANALYSES DES KOMS

FAITES AU LABORATOIRE PAYEN

Ozotate de Potasse pour 100 gr. de MATIÈRE NORMALE

ÉCHANTILLONS TRÈS SALPÊTRÉS

Menchieh (S. O. du village)	6,54
Rodah (cheik Ebadeh)	5,20
Rodah (Achmounin)	5,10
Akmim (N. du village)	4,04

ÉCHANTILLONS SALPÉTRÉS & LAVÉS

Karnak (matériaux lavés de la salpêtrière)	0,17
Médinet et Fayoum	0,23
Rodah (Achmouanin)	0,35
Rodah (cheik Ebadeh)	0,40
Menchieh	0,95
Eenderah	0,02

ANALYSES DE KOMS DE LA HAUTE ET DE LA BASSE ÉGYPTE

FAITES EN 1886 AU LABORATOIRE KHÉDIVIAL

ET

Relevées sur les Registres de cet Établissement

Sur 100 gr. de MATIÈRE NORMALE

I ÉCHANTILLONS de la HAUTE ÉGYPTE	SILICE	OXYDE DE FER et ALLUMINE	CHAUX	MAGNÉSIE	ACIDE PHOSPHORIQUE	AZOTE
Achmounin	71,60	14,05	9,04	traces	0,65	0,37
Talleh (près Minieh)	66,75	13,57	6,56	—	1,33	0,41
Fechn	64,50	1,75	3,90	—	traces	0,47
Bibeh	69.00	1,27	3,48	—	—	0,27
Asfoun	69,00	9,40	18,70	—	2,17	0,20
—	64,40	11,16	5,46	—	0,55	0,02
Ermente	72,90	6,25	2,07	—	0,52	0,17
—	67,00	13,55	4,71	—	0,76	0,20
Magagah	63,70	32,25	2,11	—	0,91	0,57
Fayoum	64,80	9,15	7,00	traces	traces	traces
—	70,47	8,13	4,16	—	0,17	0,08
—	71.60	18,80	7,40	—	0,29	0,12
—	68,40	13,70	4,07	—	0,27	0,04
II ÉCHANTILLONS de la BASSE ÉGYPTE						
Sakha dit de 1re qualité	71,25	15,60	5,45	—	0,67	4,91
— — 2e —	83,40	6,94	2,85	—	0,76	1,90
— — 3e — (qualité inférieure)	79,00	12,85	4,55	—	2,65	0,95
Sidi-Raga (Ras el Khalig)	76,55	7,40	8,61	4,23	0,73	1,01
Tell el Kiais (Tomaï)	70,40	12,14	1,46	—	3,83	4,87

SUITE DES ANALYSES DE KOMS

FAITES AU LABORATOIRE KHÉDIVIAL

Sur 100 gr. de MATIÈRE NORMALE

ÉCHANTILLONS de la BASSE ÉGYPTE (Suite.)	SICILE	OXYDE DE FER et ALLUMINE	CHAUX	MAGNÉSIE	ACIDE PHOSPHORIQUE	AZOTE
Kom el Kébir (Dokmira)......	72,40	3,55	18,24	—	0,47	4,27
Saïd Seliman —	65,45	13,20	2,29	traces	traces	traces
Kom Bat —	74,80	8,60	8,93	—	1,75	0,47
Dawar Atiaï el Adim	78,50	8,50	12,91	—	0,17	4,47
Ard Fada (Atiai)	71,10	11,65	5,67	—	traces	0,13
Kom Zéraat Louen (Dessounès)...	71,15	13,15	9,17	2,97	0,64	0,95
Kom Toukh (Bichbich)	77,40	7,25	5,21	traces	traces	traces
Kom el Arbaïn —	74,05	15,50	10,02	—	—	0,17
Kom el Koumat —	63,50	6,05	7,39	—	—	0,80
Kom Abou Atfa —	67,20	15,55	1,95	—	—	traces
Kom el Galouf —	68,30	29,35	1,58	—	—	—
Ebchau —	77,85	5,60	6,50	—	—	—
Kom el Guir (Barari el Mandoura) ..	64,15	30,50	2,70	—	0,17	0,31
El Amia — ..	67,10	11,47	14,10	—	traces	traces
Kom Ismaïl — ..	79,65	9,50	9,61	—	0,12	—
Kom el Faraïn — ..	70,65	13,90	4,75	—	traces	--
Haïaten (Santa)..........	64,17	11,10	4,05	—	0,74	—
— —	71,40	7,31	0,97	—	0,87	—
Séguin —	80,07	4,32	0,97	—	traces	0,19

CANAUX D'IRRIGATION AU CAUCASE

PAR

M. N. GHERSÉVANOF

DIRECTEUR DE L'INSTITUT DES INGÉNIEURS DES VOIES DE COMMUNICATION DE SAINT-PÉTERSBOURG,

MEMBRE HONORAIRE DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE PARIS,

VICE-PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ IMPÉRIALE TECHNIQUE DE SAINT-PÉTERSBOURG.

Dans la courte notice ci-dessous, il ne sera question que de l'état de l'irrigation dans la région du Caucase.

On sait que toute la partie de cette vaste région, qui forme le littoral de la mer Noire jouit d'un climat très humide, ce qui en détermine la riche végétation. Mais le versant du Caucase descendant vers la mer Noire est beaucoup moins vaste que le bassin de la mer Caspienne, dont le climat, au contraire, est très sec ; où, par conséquent, les *sécheresses sont à l'ordre du jour* et où la question de l'irrigation est d'une importance énorme parce que le bassin de la mer Caspienne (arrosé par les cours d'eau descendant des pics neigeux du Caucase) possède également un sol très fertile, de sorte que pour obtenir une riche végétation et d'abondantes récoltes, il suffit de l'application sur une grande échelle des travaux d'irrigation.

Aussi de tout temps, sous la domination persane et même à une époque antérieure, du temps de Tamerlan, dès la fin du XIVe siècle, on avait pris le soin, dans la Transcaucasie orientale, de construire des canaux d'irrigation dans les limites qu'admettait l'état de l'art élémentaire des indigènes. D'ailleurs, le manque d'art était compensé, à cette époque, par le régime barbare appliqué aux populations des districts où l'irrigation était reconnue possible et désirable, comme cela avait lieu dans la province d'Erivan sous la domination persane et notamment à l'époque de Hussein-Khan, dernier serdar d'Erivan, avant la conquête russe en 1828. Avec l'arrivée dans la Transcaucasie, des Russes qui

n'avaient aucune idée de l'importance de l'irrigation, cette branche est tombée en décadence. Depuis ils ont reconnu cette importance, mais néanmoins, ils n'ont su créer dans ce but ni une législation ni une administration répondant aux besoins de ces pays. Tous les grands canaux de la province d'Erivan et des steppes du Karabagh et de Mougane, qui avaient tous leur prise d'eau dans l'Araxe, se sont comblés et l'irrigation ne s'est conservée que dans les limites nécessaires à la subsistance de quelques localités tartares et arméniennes, placées dans une situation particulièrement favorable.

Pour organiser l'irrigation sur un pied convenable en Transcaucasie, deux choses sont nécessaires :

1° La création d'une administration compétente et adaptée aux usages ;

2° Une législation appropriée aux besoins et aux conditions du pays.

Malgré l'urgente nécessité de réaliser ces deux conditions dont dépend le succès de l'irrigation, jusqu'à l'époque actuelle ni l'une ni l'autre ne sont encore qu'à l'état de projet ; et les choses marchent dans le pays d'une manière irrégulière, selon les obstacles que rencontrent les entreprises éparses de l'irrigation de certains districts. Pour ce qui regarde la législation, le principal obstacle réside dans le désaccord existant entre la loi russe qui a pour base le droit exclusif des riverains des cours d'eau avec la coutume qui existait dans le pays de temps immémorial et qui admettait le droit, pour chaque propriétaire, de faire une dérivation sur le bord d'un cours d'eau appartenant à un autre individu et de conduire l'eau par un canal passant par le lot du propriétaire riverain sur le lot du propriétaire intéressé, si les conditions topographiques admettaient cette combinaison. Un autre obstacle au succès des entreprises d'irrigation dans l'état de choses actuel réside dans l'absence de tribunaux spéciaux d'irrigation, capables de décider sur-le-champ toutes les questions relatives au partage et au détournement de l'eau d'irrigation, questions qui aujourd'hui sont du ressort des juges de paix, résidant à une grande distance des lieux et qui ne procèdent à l'examen des questions à eux soumises qu'à tour de rôle, ce dont résulte que les questions en litige ne sont réglées que lorsqu'il n'en est plus temps.

Aussi un projet de loi relatif à l'irrigation en Russie et au Caucase a été rédigé dans ces dernières années et, dans ce projet de loi, l'élimination des deux obstacles ci-dessus mentionnés

est prise en considération : au moi de mai 1890 ce projet a été présenté à la sanction du Conseil de l'Empire. Dans ce même projet de loi est compris également un projet d'administration répondant à l'importance de l'objet, administration qui n'est représentée à l'heure qu'il est, sans compter les fonctionnaires de l'administration locale, que par un seul Ingénieur attaché à la direction des Domaines de l'Empire au Caucase.

Quant à la possibilité matérielle d'appliquer les bienfaits de l'irrigation à toute la partie orientale de la Transcaucasie, appartenant au bassin de la mer Caspienne, cette question a été étudiée dans tous ses détails par les Ingénieurs anglais Baly et Gabb, en 1862, sous l'administration du feld-maréchal prince Bariatinsky, lequel se rendait parfaitement compte de l'importance qu'il y avait à développer l'irrigation comme moyen de décupler les forces productives de cette riche contrée et comme moyen d'attacher au sol, c'est-à-dire à la vie sédentaire, les populations jusqu'à présent nomades de la Transcaucasie orientale.

Ces peuplades ne séjournent qu'en hiver dans les plaines susceptibles d'irrigation, et sont contraintes, en été, de passer avec les troupeaux qui constituent leur principale richesse dans les parties montagneuses du pays où ils trouvent en abondance, dans cette saison, de magnifiques pâturages, tandis que dans les plaines toute végétation est brûlée par l'ardeur du soleil.

L'irrigation, comme moyen de rendre sédentaires les populations nomades, présente au Caucase une importance capitale.

En admettant même que ces plaines fertiles dusseut être irriguées un jour, la colonisation de lots de terrain arrosés par des habitants nomades, constitue une des plus grandes difficultés des entreprises de ce genre.

En revanche, il serait toujours facile d'attirer dans ces plaines des travailleurs laborieux venant des pays limitrophes de la Perse septentrionale, sans parler de l'immigration des colons russes et étrangers.

Les résultats des études faites par les Ingénieurs anglais Baly et Gabb en 1862 ont été réunis sous la forme d'un rapport détaillé, présenté en 1864 à S. A. I. le grand-duc Michel, alors lieutenant Impérial au Caucase. Ce rapport se trouve actuellement à Tiflis, à l'administration des Domaines de l'Empire, et une copie en a été délivrée à l'Institut des voies de communication à Saint-Pétersbourg.

Pour donner la mesure de la valeur des travaux des deux Ingé-

nieurs anglais, il suffit de dire qu'ils ont étudié toute la superficie de la Transcaucasie orientale, au point de vue de la configuration et de la quantité d'eau disponible pour l'irrigation de tout le bassin de la mer Caspienne. Les artères principales de ce bassin sont la Koura et l'Araxe, ce dernier surtout; car coulant à peu près parallèlement à la Koura, sa pente est cependant infiniment plus rapide et, ne pouvant être rendu navigable, donne un débit minimum, pendant les basses eaux, d'environ 12 sagènes cubes, soit 316,54 m^3 par seconde.

Les nivellements opérés par les Ingénieurs Baly et Gabb sur une longueur totale de 2 795 verstes (2 922*km*) ont démontré la possibilité de faire profiter des bienfaits de l'irrigation une superficie de 2 000 000 de déciatines (2 185 000 *ht*) de terres fertiles, œuvre monumentale, laquelle, d'après l'estimation de ces Ingénieurs, à raison de 100 roubles par déciatine, exigerait pour être réalisée la dépense énorme de 200 000 000 de roubles.

Parmi les travaux de MM. Baly et Gabb, figurent trois projets complets d'irrigation des terres au moyen de canaux, alimentés par les fleuves Koura et Yora, et neuf avant-projets de canaux d'irrigation alimentés par les eaux d'autres rivières transcaucasiennes.

Les deux plus grandioses de ces projets concernent l'irrigation des steppes de Karabagh et de Mougane par les eaux de l'Araxe.

Dans leurs études, ils ont constaté ce fait que l'époque des plus grandes crues des fleuves et rivières de la Transcaucasie correspond précisément à l'époque où le besoin d'eau d'irrigation se fait le plus vivement sentir pour la culture du froment et autres plantes, tels que riz, coton, etc.

Quant à la fixation du débit d'eau nécessaire pour les divers canaux d'irrigation projetés par MM. Baly et Gabb, il a été calculé par ces Ingénieurs en *litres russes*, équivalant à la $\frac{1}{10\,000}$ partie d'une sagène cube, soit un peu moins d'un litre ou de $\frac{1}{1\,000}$ de mètre cube français, car une sagène cube russe équivaut à 9 712 m^3 ou à 9 712 *l*.

En passant des projets d'irrigation non exécutés à ce qui a été réalisé sous ce rapport au Caucase, il faut faire observer qu'à l'époque actuelle il existe dans la Transcaucasie deux autres entreprises d'irrigation projetées et exécutées sur des bases à peu près rationnelles, et toutes les deux constituent des entreprises privées qui, d'ailleurs, ont été fortement soutenues par le gouvernement.

La première qui, finalement, a été couronnée d'un succès relatif, après beaucoup de déceptions, il est vrai, est l'irrigation de la steppe de Karayaze, située à 30 verstes de Tiflis (station du chemin de fer Karayaze). Cette irrigation, exécutée d'après le projet de l'Ingénieur anglais Gabb, dont il a été question plus haut, a été entreprise par la Société pour la propagation du christianisme au Caucase, à laquelle le gouvernement avait fait don de 30 000 déciatines de terre sur la rive gauche du Koura, dont 21 000 deciatines seulement propres à l'irrigation et dont 15 000 sont effectivement irrigués à l'heure présente.

Les travaux de Karayaze ont été commencés en 1864 et ont été terminés en 1867, mais ces constructions ne présentaient qu'un caractère provisoire, les écluses ayant été exécutées en bois. Ces travaux embrassaient, outre l'écluse de prise d'eau disposée sur la rive gauche du Koura, mais sans barrage à travers le fleuve :

1° Le canal principal d'une longueur de 15 verstes et disposé pour recevoir un débit de 1,5 sagène cube ou 15 000 *l* russes par seconde reconnus nécessaires pour l'irrigation de 30 000 déciatines, à raison de 0,5 *l* par seconde et par déciatine ;

2° Seize canaux de répartition, parallèles les uns aux autres et à peu près perpendiculaires au cours du Koura, l'ensemble constituant une longueur totale d'à peu près 100 verstes.

Ces travaux provisoires ont coûté 414 575 roubles, et les terrains irrigués ont été mis en exploitation dès l'année 1867. Mais bientôt sont survenues les surprises inévitables dans ces sortes d'entreprises quand l'expérience et les ressources se trouvent faire défaut. Il est arrivé que le lit de la rivière près de la prise d'eau du canal principal, à cause du changement du courant, s'est transporté vers la rive opposée et qu'on a dû, à force d'ouvrage en fascines, faciliter l'accès de l'eau vers l'écluse ; en outre, le lit du canal principal, par suite de vents très forts et très fréquents dans ces parages au mois de mars, a été envahi par la poussière soulevée par ces vents, au point d'être complètement obstrué. Enfin, on a jugé nécessaire de rebâtir l'écluse de la prise d'eau du canal principal, faite primitivement en bois, et d'exécuter le radier en maçonnerie et la *superstructure* en fer. Toutes ces améliorations ont nécessité des travaux fort coûteux et ont entravé l'exploitation de l'entreprise. Enfin, au commencement de 1882, ces améliorations faites, il s'est trouvé que l'irrigation de Karayaze avait coûté à la Société 938 735 roubles, dont 264 256 dépensés pour la construction et le curage de 15 verstes du canal principal, qui a donné le plus [illegible]

soucis et a été construit, pour ainsi dire, deux fois. C'est moyennant cette somme de 938 735 roubles qu'a été obtenue l'irrigation de 15 000 déciatines, avec un debit d'eau de 1,1 sagène cube ou 11 000 *l* russes par seconde. Il faut faire observer cependant que, d'après la première évaluation des Ingénieurs anglais, ces 15000 déciatines de terrains irrigués auraient dû coûter davantage, environ 1 500 000 roubles.

La Société de la propagation du christianisme au Caucase, instruite par l'expérience et convaincue qu'elle n'était pas à même d'administrer une entreprise aussi compliquée, même subventionnée par l'État, s'en est dessaisie en faveur d'une Compagnie de propriétaires de Tiflis, avec une perte nette d'environ 355 000 roubles.

Un second échantillon d'entreprise d'irrigation dans la Transcaucasie orientale, organisée dans ces dernières années, est *celle* de la steppe d'Arasdayane, sur les bords de l'Araxe entre Erivan et Nakhitchevane. L'irrigation de la steppe d'Arasdayane a été entreprise par un particulier (général Kohanof), auquel le gouvernement a concédé, en 1872, un lot de terrain de 10 022 déciatines de superficie (qui, jusqu'alors, servait de lieu d'*hivernage* aux Kurdes nomades), pour un terme de soixante-cinq ans et moyennant une insignifiante redevance annuelle. Au bout du terme fixé (65 ans), l'entrepreneur acquiert le droit de propriété sur un quart de toute la superficie du terrain irrigué. Le projet d'irrigation de cette localité, conçu avec moins d'habileté que celui de Karayaze, a été réalisé néanmoins ; et dès la fin de 1874, avec des travaux à moitié finis, le canal a été mis en exploitation. Mais il paraît qu'à cause des défauts du projet technique, cette entreprise ne marche pas avec le succès désirable. Le canal principal, ayant sa prise d'eau sur les bords de l'Araxe, a une longueur totale de 36 verstes et les canaux distributeurs, au nombre de 9, d'une longueur de 3 à 15 verstes chacun et tracés d'une manière fort irrégulière, présentent une longueur totale de 76 1/2 verstes. A la prise d'eau du canal principal, l'Araxe fournit à l'époque de l'étiage un débit de 9 sagènes cubes, soit 8,74 m^3 par seconde. A l'époque des crues, le niveau du fleuve s'élève jusqu'à 1,5 sagène au-dessus de l'étiage. L'eau d'irrigation a été calculée ici, à raison de 0,842 *l* français par déciatine, ce qui est un peu exagéré, car on aurait pu se borner à 0,6 *l* par seconde, comme le fait Gabb dans ses calculs.

En outre, comme 8 594 déciatines seulement du terrain con-

cédé sont arrosables, on a calculé avec une certaine marge pour la filtration, un débit de 9 804 *l* français, soit 10 m^3 ou 1 sagène cube russe par seconde, pour la section de l'écluse de prise d'eau dans l'Araxe.

Telle qu'elle existait à la fin de 1881, l'irrigation de l'Arasdayane a coûté à l'entrepreneur 500 000 roubles, soit 50 roubles par déciatine.

Mais, par suite des imperfections du projet et de la nécessité d'exécuter certains travaux supplémentaires, tels que l'élargissement du canal principal, il sera nécessaire de débourser une assez grosse somme, de sorte que le coût de l'irrigation atteindra évidemment 60 ou 70 roubles par déciatine, sommes encore notablement inférieures au chiffre de 100 roubles admis par Gabb pour l'irrigation d'une déciatine. Il n'est pas douteux qu'avec une administration expérimentée, cette entreprise doive être lucrative; car dans ces pays, les terrains irrigués donnent d'excellentes récoltes de froment, de riz, de coton, de sésame, etc.

Mais, ici comme ailleurs, dans ces plaines désertes en été et peuplées de nomades en hiver, pour attacher au sol les colons désireux de s'y fixer et pour avoir toujours sous la main des travailleurs constants, il serait indispensable, d'après l'avis de gens compétents, de doter les familles disposées à s'établir sur les lieux, de lots de terrains, quelque minimes qu'ils soient, mais à titre de propriété perpétuelle.

Il existe encore dans la Transcaucasie d'immenses étendues de terrains appartenant à l'État, susceptibles de se transformer en riches et fertiles plaines dès que l'on saura y conduire l'eau d'irrigation.

Telles sont :

1° La steppe de Karabach, située sur la rive gauche de l'Araxe, formant un triangle entre la Koura et l'Araxe et où subsistent encore les anciens canaux Ghiaour-Ark, etc., restaurés jadis par Tamerlan ;

2° La steppe de Mougane, située sur la rive droite de l'Araxe, offrant, ainsi que la précédente, une superficie d'environ 150 000 déciatines de terrain arrosable, occupée en hiver par les Chaksevanes nomades, et où les bienfaits de l'irrigation ont existé à une époque fort reculée, comme le prouvent les vestiges d'une multitude de canaux ayant tous leur prise d'eau sur la rive droite de l'Araxe, qui coule ici sur une crête ayant sa pente à

droite (steppe de Mougane) et une pente à gauche (steppe de Karabach).

Dans le Caucase septentrional et toujours dans le bassin de la Caspienne, il existe aussi des terrains très fertiles et très peu peuplés qui n'attendent que le secours des capitaux et l'art de l'Ingénieur pour se transformer en riches oasis

Tels sont : le Delta du Térek, le cours de la Kouma, à moitié desséché maintenant par l'usage peu rationnel des eaux de cette rivière, et une vaste zone de la province de Stavropol entre le cours moyen du Térek, la Kouma et le lac Manytche.

L'Ingénieur russe, M. Daniloff, en faisant les études du chemin de fer de Rostof à Vladikavkaze et cherchant le point le plus convenable pour un pont sur le Térek, a été frappé de la grande masse d'eau roulée par ce fleuve à une hauteur si considérable, qu'elle atteint près de Ekatérinograd (confluent de la Malka avec le Térek), 162,26 *m* au-dessus de la mer Noire et, par conséquent, environ 188 *m* au-dessus de la mer Caspienne (la différence de niveau entre ces deux mers étant de 25 *m*).

En évaluant le débit du Térek à ce point de son parcours, pendant les basses eaux (octobre), à 200 m^3 et, pendant les hautes eaux (juin, juillet, août), à environ 500 m^3 par seconde, en considérant ces masses d'eau roulant à une si grande hauteur, la fertilité du sol et en même temps l'extrême sécheresse de toute la zone de terrain située entre la méridienne d'Ekatérinograd et la mer Caspienne, M. Daniloff a été naturellement conduit à l'idée de la possibilité et de l'extrême utilité de détourner une grande partie des eaux du Térek dans la direction du nord et de les conduire vers le point de jonction des lits de Kalaouce et du Manytche, situé à une hauteur de 27,7 *m* au-dessus du niveau de la mer Noire et constituant le point de partage des eaux de toute la région nord de la grande chaîne du Caucase entre la mer d'Azof et la mer Caspienne, point d'où les eaux du Térek *auraient pu* descendre d'un côté vers la mer Caspienne et, d'un autre côté, vers les bouches du Don, dans la mer d'Azof.

Aussi M. Daniloff a étudié ce terrain et a élaboré d'une manière assez détaillée un projet complet de canaux de navigation et en même temps d'irrigation (comme ceux du nord-ouest des Indes orientales), joignant la mer Caspienne ou les bouches du Volga avec la mer d'Azof ou les bouches du Don, et en résolvant de cette façon l'importante question de la jonction du Volga avec le Don, qui a occupé si longtemps tant d'Ingénieurs depuis l'époque de

Pierre le Grand et qui a été l'objet d'importantes études et, dernièrement, d'un projet de canal entre Kalatche et Tsarytzine, fait en 1883 par l'Ingénieur français M. Dru. Il paraît que le projet de de M. Daniloff offre quelques avantages comparativement au projet de M. Dru, et principalement sous ce rapport que le canal d'alimentation du bief de parage projeté par M. Daniloff, au confluent du Manytche et du Kalaouce, pour admettre de 100 à 200 m^3 par seconde (ce dernier chiffre se rapportant à l'époque des crues) sur une longueur de 326 verstes, doit servir non seulement à la navigation, mais en même temps à l'irrigation d'une zone de terrain contiguë au canal, zone extrêmement fertile et d'une superficie de 234 000 déciatines.

Cette idée de profiter des hautes eaux du Térek pour l'irrigation de ces régions fertiles réaliserait en même temps l'idée de feu le comte Loris Mélikof, lequel avait proposé, dès 1871, de détourner au nord, dans des vues d'irrigation, les eaux des crues du Térek qui, chaque année, au mois de juillet, produisent de vastes inondations dans le bas Térek, dont souffrent les stanitzas de Cosaques situées dans les environs de Kislar, sous la menace perpétuelle d'une catastrophe, comme celle de 1862.

Tout le système de canaux d'alimentation, de navigation et d'irrigation, projeté par M. Daniloff pour réaliser l'irrigation du pays entre la mer d'Azof et la mer Caspienne, ainsi que la navigation entre ces deux mers intérieures, a été conçu sur le modèle des canaux de navigation et d'irrigation dans les Indes, et constitue un réseau de canaux d'une longueur totale de plus de 1 000 verstes (326 de canal d'alimentation et 755 verstes de canal d'Astrakhan, par Manytche, jusqu'au Don, près de Rostof).

L'issue du canal de Daniloff sur le Don, près de Rostof, constitue aussi un des avantages du projet de Daniloff sur celui de M. Dru, ce dernier aboutissant au Don à Kalatche, à environ 300 verstes en amont de Rostof et nécessitant une longue et difficile navigation sur le Don. Sans compter le canal de jonction du Volga au Don de 755 verstes, alimenté par le Térek, M. Daniloff a fait des variantes à son projet pour joindre non seulement Rostof à Astrakhan, mais même au port de Serebriakovskaya, sur la Caspienne, situé au sud des bouches du Volga et plus accessible en tout temps. Dans ce cas, la longueur totale du réseau atteindrait le chiffre de 1683 verstes.

Le projet de M. Daniloff a été l'objet d'un rapport fait à la Société des Ingénieurs civils de Paris le 4 mars 1881, et a été exposé d'une

manière plus détaillée dans les « Comptes rendus de la Société technique du Caucase » (14e volume, séance du 25 novembre 1881).

Dans le cas où l'ensemble des projets de l'Ingénieur Daniloff (embrassant un réseau de 1 000 à 1 683 verstes de canaux d'irrigation et de navigation, destiné à joindre les bouches du Don avec les bouches du Volga), n'était pas approuvé et réalisé, toujours est-il qu'une partie de ces projets, relatifs à la dérivation de 130 à 212 m^3 par seconde du Térek moyen jusqu'au point de partage, près du confluent de Manytche et du Kalaouce, constitue une vaste entreprise d'irrigation tout à fait hors ligne et digne d'être étudiée, car il s'agit d'irriguer une région fertile d'environ 250 000 déciatines, en préservant en même temps le pays de Kislar d'inondations annuelles. Si la quantité d'eau puisée dans le Térek par le canal le permettait, on pourrait facilement étendre la zone de terrain à irriguer en prolongeant ce canal au delà des 326 verstes aboutissant au Manytche et en le continuant dans la direction nord vers les bords du Volga, près de Sarepta, et en creusant le canal au pied de la terrasse d'Ergemni, qui s'étend du Manytche jusqu'au Volga et qui sépare le plateau de Stavropol de la plaine Kalmouke, en s'étendant à l'est jusqu'au bord de la mer Caspienne.

NOTICE

SUR LES

EFFETS HYGIÉNIQUES D'UNE VENTILATION

D'ATELIER DE TISSAGE

PAR

M. L. PERREAU

Une bonne ventilation consiste dans un renouvellement abondant d'air pur, dans l'écoulement assuré de l'air vicié de même volume dans le même temps et dans toute l'étendue du local ventilé. Ce qu'il ne faut pas confondre avec un grand mouvement d'air désordonné.

Cela reconnu,

S'il est nécessaire, ce que personne ne met plus en doute, que pour satisfaire aux conditions hygiéniques voulues qu'exige la santé, il faut un renouvellement d'air suffisant en raison de l'importance de l'agglomération des individus dans une même salle et sans qu'il y ait de force musculaire développée, n'est-ce pas le cas de fournir cet aliment indispensable, à un grand nombre d'ouvriers occupés dans un atelier où se trouvent le plus souvent des machines qui dégagent de la chaleur, des poussières, et dont le tout réuni occasionne si rapidement la viciation de l'air?

J'ai été à même de constater les inconvénients du manque d'a[illegible] pendant plusieurs années, avant qu'on pût parvenir à rendr[illegible] lubre une salle de tissage contenant 360 métiers à tisser la [illegible] forte (cretonne de ménage) et abritant 400 ouvriers.

C'est à ce sujet, il y a vingt ans passés, que feu M. Fourn[illegible] minent industriel qui a fondé et auquel appartenait l'imm[illegible] manufacture dite d'Orival, à Lisieux, de laquelle es[illegible] d'hui propriétaire son petit-fils M. Paul Duchesne-Fo[illegible]

cieux du bien-être de ses ouvriers, comme il le fut toujours, se décida de faire les travaux utiles pour assainir l'atelier et de mettre un terme aux indispositions répétées des ouvriers qui y étaient occupés. Les dépenses pouvaient être excessives, d'autant plus que le tissage de la toile de lin exige un certain degré d'hygrométricité de l'air pour maintenir les chaînes dans l'état de fraîcheur qui atténue la casse des fils et que la fabrication se fasse bien. Néanmoins M. Fournet persista pour sortir de la situation et il me confia la charge d'étudier les moyens.

A cet égard, je consultai feu M. le général Morin, dont j'avais l'honneur d'être connu, et, sous ses auspices et d'après ses conseils, je fis un projet de ventilation. Ce sont les dispositions simples que j'ai fait exécuter, qui ont trait à celui-ci que je me propose d'indiquer.

Avant d'entrer dans les détails, voici les données sur lesquelles je me suis appuyé :

1° La connaissance des dimensions de la salle, longueur et largeur;
2° — de la capacité brute intérieure;
3° — — réelle, les machines déduites;
4° — de l'épaisseur des murs et la nature des matériaux dont ils sont constitués;
5° — des surfaces vitrées;
6° — de la constitution du plancher;
7° — du genre d'industrie par rapport au dégagement de chaleur des organes de machines en mouvement et des poussières dégagées;
8° — du nombre des ouvriers au travail;
9° — des vents et de la température ambiante dominants dans l'ordre des saisons;
10° — du mode de chauffage en hiver;
11° — — d'éclairage (par le gaz) et de la durée des veillées;
12° — des degrés d'hygrométricité et de température que l'expérience a sanctionné les plus favorables à la bonne fabrication:
13° — de la position respective des métiers;
14° — — — des ouvriers conduisant ceux-ci;

15° La connaissance de l'emplacement des cabinets d'aisances, qui sont dans l'atelier même;

16° — du nombre de mètres cubes d'air frais qu'il a été convenu d'allouer par heure et par ouvrier.

(*Voir le dessin annexé pour l'intelligence des renseignements suivants.*)

Description de l'atelier. — L'atelier T, dont il s'agit, est à rez-de-chaussée; il a 61,20 *m* de longueur, sur 33,10 *m* de largeur. La hauteur sous les entraits est de 3,30 *m*. Cet atelier est partagé en dix-sept travées couvertes par autant de toits en dents de scie. Pour chacun le versant nord, de un de base sur deux de hauteur, est vitré pour laisser pénétrer la lumière; et le versant sud, de trois de base sur deux de hauteur est couvert en ardoises. L'intersection du bas des deux pans est formée par un chéneau en zinc qui dirige l'écoulement des eaux pluviales à travers les colonnes creuses en fonte qui soutiennent chaque travée.

La surface de plancher est de 2 025 m^2, soit 5,06 m^2 seulement par ouvrier.

La capacité totale de l'atelier est de 6 000 m^3 très approximativement, déduction faite de l'espace occupé par les métiers à tisser, les transmissions et les accessoires du reste du matériel, soit 15 m^3 d'espace à chaque ouvrier.

Le chauffage, en hiver, a lieu par de la vapeur à basse pression qui circule dans des tuyaux en cuivre rouge de 0,16 *m* de diamètre. Ces tuyaux, placés horizontalement à 1 *m* en moyenne au-dessus des plus hauts métiers, reposent sur des supports fixés aux colonnes en fonte. Leur surface totale de chauffe est de 150 m^2: soit environ 0,75 m^2 pour 10 m^2 de plancher.

Dispositions adoptées.

Volume d'air. — Le volume d'air normal à évacuer et à introduire a été fixé tout d'abord à 30 m^3 par heure et par ouvrier, soit en tout 30 m^3 $\times$ 400 $=$ 12 000 m^3 par heure, avec faculté de l'augmenter ou de le restreindre selon les besoins et les saisons. Ce volume total moyen correspondait à 3,33 m^3 par seconde.

Depuis l'application du chauffage, qui n'existait pas au moment de l'exécution, le volume moyen a été porté à 5 m^3 par seconde, soit 45 m^3 par heure et par ouvrier.

Introduction de l'air. — L'air frais arrive par des orifices [illegible]

rieurs établis au-dessus des longs pans de chaque toit, et se déverse dans chaque travée à 0,20 *m* sous le faitage, à une distance de 3,60 *m* des ouvriers les plus voisins du point. L'ouverture plus ou moins grande de ces orifices, est en raison inverse de leur distance au collecteur général d'évacuation et se règle à l'aide de petites ventelles.

Ces orifices sont au nombre de 128, répartis sur l'ensemble des dix-sept travées.

Degré d'hygrométricité. — Le degré d'hygrométricité à donner à l'air a été obtenu en projetant sous une forte pression un filet d'eau mince sur une surface ménagée dans chaque orifice. Par l'effet du choc, il y a division à l'état de poussière d'eau humide que l'air traverse avant son introduction dans l'atelier.

Évacuation de l'air vicié. — L'air vicié s'évacue par des gaines dans des collecteurs partiels qui se déversent dans un collecteur général latéral à l'atelier.

Ces gaines sont placées à 0,20 *m* au-dessus du niveau du pavage formant plancher. Elles sont réparties en quinconce, par rapport aux orifices d'arrivée d'air frais, sur toute la longueur de chaque collecteur partiel souterrain. Il y en a 80 en tout.

Les collecteurs partiels sont au nombre de 10. Ils débouchent dans le collecteur général et ils sont munis à l'endroit de registres en tôle qui se manœuvrent à volonté, pour l'appel de l'air vicié par les gaines.

Le collecteur général, d'une grande section, est en communication avec la cheminée de l'établissement. Presque à son débouché dans celle-ci, il est muni d'un registre majeur qui permet de régler la vitesse suivant qu'on veut avoir une ventilation plus ou moins active.

En tout temps, la ventilation est assurée. La puissance de la cheminée, haute de 54 *m* et d'une très grande section uniforme de bas en haut, est telle qu'en outre de l'appel d'air nécessaire à la combustion de 12 000 *kg* de charbon par journée de douze heures, brûlés sur les grilles des cinq générateurs, d'ensemble 500 m^2 de surface de chauffe, de l'usine, on peut évacuer 45 000 m^3 d'air vicié sans nuire au tirage. Il convient cependant de ne pas faire opérer au pied de la cheminée le mélange de la veine gazeuse de la ventilation avec les gaz chauds provenant de la combustion. Un refend de peu d'épaisseur, de 4 *m* de hauteur, a sufli pour

éviter les remous et assurer le courant ascendant des gaz de température différente.

La température des gaz résultant de la combustion à leur entrée dans la cheminée varie entre 220° à 240°, lorsqu'il est brûlé la quantité de combustible indiquée d'autre part.

Ces résultats font voir qu'une cheminée d'une énergie supérieure offre des ressources dont on peut tirer grand parti dans une usine.

Résultats hygiéniques obtenus. — Dès que le service de la ventilation a fonctionné régulièrement, ce qui a eu lieu aussitôt que le règlement de la marche fut organisé, l'amélioration dans l'atelier a été manifesté. L'état de l'air de cette salle, avant les travaux infectée d'odeurs nauséabondes, s'est modifié sainement. Les ouvriers qui, précédemment, étaient incommodés, qui éprouvaient des malaises fréquents, ne furent plus obligés de sortir de l'atelier pour aller respirer l'air au dehors. Manquant d'énergie auparavant, ils redevinrent ce qu'ils étaient.

Moins de malades et pas ou presque pas d'absences, l'augmentation de production fut sensible. Celle-ci *s'élevait entre 6 et 7 0/0* de plus par le fait de la plus grande activité apportée par les ouvriers dans leur travail à la suite.

D'autres preuves de l'amélioration survenue ont été caractéristiques, une entre autres, celle du plus grand appétit des ouvriers comme l'a démontré la comptabilité du fourneau économique de l'usine au moment d'une consommation de pain plus élevée par ceux qui s'y alimentaient.

En somme, il est résulté pour les ouvriers la meilleure santé, l'énergie au travail qu'engendre celle-ci et, par suite, une augmentation de salaire, en produisant davantage.

Que conclure ?

C'est que l'effet salutaire, exercé sur la santé de nombreux ouvriers occupés à travailler dans une même salle, par un renouvellement d'air abondant, bien distribué, doit appeler l'attention du monde industriel comme progrès humanitaire et plus grand rendement de travail.

Actuellement que, dans tous les pays, les gou[illegible] même les plus absolus, se préoccupent avec per[illegible] c'est de toute justice, de l'amélioration morale et [illegible] ouvriers, il importe de ne plus construire d'usine sans [illegible] mesures utiles qui donnent la garantie d'avoir des [illegible]

venablement ventilés. (Les dépenses seront toujours moins élevées, d'ailleurs, que de faire les choses après coup, bien que celles qu'ont nécessitées les dispositions exposées d'autre part n'aient pas dépassé la somme de 17 000 *f*.)

Et à la Société des Ingénieurs civils, qui a inscrit dans son progamme « de poursuivre l'application la plus étendue des forces et des richesses du pays », qui compte dans son sein tant de savants et d'hommes compétents dans la question, n'appartient-il pas d'en propager l'extension ?

L'ouvrier dispos et bien portant est une force dont la société profite, lorsqu'il peut développer toute l'énergie physique et intellectuelle qu'il possède Et sa moralité, que nous souhaitons tous, avancera sûrement d'un pas en lui procurant les moyens de gagner honorablement sa vie dans des ateliers vastes, aérés selon les règles de l'hygiène.

Note sur le chauffage dans les temps froids. — Dans la saison d'hiver, alors que la température extérieure est à 0° et au-dessous, celle de 12°, reconnue suffisante à ces moments, est aisément obtenue par l'action du chauffage à la vapeur *T*, de surface de rayonnement 1 m^2 pour 40 *m* d'espace cubique libre, sans compter le dégagement de chaleur des 450 becs de gaz *G*. (Ceux-ci sont allumés dans les jours de grands froids une demi-heure avant l'entrée des ouvriers au travail. Un bec de gaz qui dépense 120 *l* à l'heure, surmonté d'un fumivore traversé à son centre par un tuyau de 21 *mm* de diamètre intérieur et de 1,50 *m* de hauteur, dégage au bout de ce tube 80° de chaleur.)

Les courants d'air ne se font pas sentir, parce que, dans l'angle intérieur de chaque petit toit, les gaz chauds résultant du chauffage viennent se confiner, se mélanger, à l'endroit ou se déverse l'air nouveau chargé de vésicules aqueuses.

L'eau lancée qui provient d'eaux de condensation des machines à vapeur possède encore, après la purification, un certain degré de chaleur ; elle est utilisée telle dans l'hiver, et non rafraichie comme en été, à l'effet d'obtenir une poussière d'eau chaude que, dans son introduction, l'air ambiant entraine.

L'ensemble des dispositions donne la possibilité de maintenir la température voulue ni trop sèche et ni trop humide ; toutefois, en ne négligeant pas le règlement variable, les soins que réclame toute ventilation suivant les temps et les saisons, ce qui ne demande qu'un peu d'attention.

Note sur la projection d'eau. — Les divers branchements, de 1 à 8, pour la projection du filet d'eau dans les orifices d'air, sont faits sur un tuyau en fer creux de diamètre intérieur 27 *mm*, qui règne intérieurement sous chaque toit, à une distance de 0,20 *m* parallèlement à la ligne d'intersection des plafonds. Ces prises sont munies à leur extrémité, avant le dé, d'un robinet *b* à l'aide duquel se règle le jet.

Chaque cours *a* de tuyau de 27 *mm* est en communication avec une conduite B, en fer creux également, de diamètre 40 *mm* intérieur, sous forme de cadre fixé tout autour de l'atelier à hauteur de main pour la manœuvre facile des deux robinets *s* qui les raccordent à leur jonction. Ceux-ci permettent de modifier la dépense du liquide selon les besoins et d'isoler, dans le cas de réparations ou de visites.

En plan, le faisceau de tuyaux représente la figure d'un gril dont le contour se relie avec une maîtresse-conduite *x* en cuivre, de 80 *mm* de diamètre, qui reçoit l'eau d'un réservoir de capacité 20 000 *l* (établi anciennement pour les besoins de l'usine), sous une charge de 10 *m*.

Le réservoir est alimenté par deux pompes centrifuges étagées, du système Dumont. L'eau dont il est fait usage est purifiée afin d'éviter l'encrassement des tuyaux et l'obstruction des trous de dés par lesquels elle est lancée.

Le prix de revient du mètre cube de l'eau à l'État, qui titre à sa sortie du puits 42° hydrotimétriques et après l'opération 7° seulement, est de 0,04 *f* le mètre cube.

COMMUNICATION

SUR

LES AVANTAGES DE LA HAUTE PRESSION DE LA VAPEUR

DANS

LES MACHINES COMPOUND

PAR

M. A. LENCAUCHEZ

Notre collègue, M. A. Mallet, nous a entretenus du système compound, dans la séance du 4 juillet; mais, dans l'historique de ce système, il n'a pas beaucoup parlé des travaux de MM. Lafond du Tremblay et B. Normand et des siens propres ou en collaboration avec B. Normand.

Les Bulletins de notre Société de 1868, de 1869 et de 1873 renferment des documents précieux, qui seront toujours utiles à consulter; aussi est-ce avec plaisir que nous trouvons là la preuve que c'est principalement à des Français que sont dus les plus importants perfectionnements apportés dans ces derniers temps aux machines marines. Donc, il faut aussi féliciter notre collègue, M. A. Mallet, de la part qui lui est due pour ses remarquables travaux et communications, datant déjà de plus de vingt ans.

Mais, comme aujourd'hui il n'est plus question de discuter le principe compound, en matière de machines marines, ce principe étant admis par tous les hommes compétents, sans contestation pour ce cas particulier, M. Lencauchez croit qu'il est bon de se reporter à trente-cinq ans en arrière et de se rappeler qu'à cette époque les machines marines ne fonctionnaient que sous des pressions de $1^{at},25$, $1^{at},50$ à $1^{at},75$ (1); de sorte qu'en marine, ce que l'on appelle

(1) Par exception certaines machines et chaudières perfectionnées étaient timbrées à 2^{at} et $2^{at}\,1/2$, *ce qui était très rare à cette époque.*

aujourd'hui une pression de 0,75 *kg* était considéré comme de la haute pression, vu qu'avant le condensateur par surface, les pressions supérieures à $1^{at},75$ étaient peu possibles avec l'eau de mer, qui, par ses incrustations, aurait mis hors service les chaudières en quelque deux à trois jours de marche, et encore fallait-il faire l'extraction d'un volume d'eau chaude à la température de la chaudière pour deux volumes injectés par la pompe alimentaire. Dans de telles conditions, les machines marines dépensaient par heure et par cheval effectif entre 3 à 4 *kg* de houille de première qualité, dans un grand nombre de cas et en général.

A la suite de très remarquables travaux de MM. l'amiral Lafond et du Tremblay sur les machines à deux liquides ou à deux vapeurs (qui étaient bien de véritables compound), on reprit avec ardeur les recherches sur les condenseurs par surface, que les esprits forts de l'époque avaient condamnés. Avec de la persévérance et sans invention nouvelle, on rendit la condensation par surface pratique, et cette condensation fut avant tout considérée comme *de la distillation*. A partir de cette époque, la haute pression fut possible ; avec les grandes pressions, les grandes détentes le furent aussi : de là, les remarquables travaux du regretté Benjamin Normand. Alors on vit venir au jour les machines Woolf, dites aujourd'hui Tandem, et les machines compound à trois cylindres égaux, celui du milieu échappant dans les deux cylindres extrêmes, ce qui donnait le rapport de 1 volume à 2.

Il est inutile de faire remarquer que, pour les machines de 5, 7 et 10 000 chevaux, dans la marine, la *division du cercle en six parties égales s'est imposée* (1) ; c'est à la construction à trois manivelles qu'on est arrivé pour cette raison. Aussi, pour les machines à quadruple expansion, les deux plus petits cylindres sont tandem, vu qu'il n'y a que trois manivelles.

Mais avec ces choses remarquables et même extraordinaires, toujours pour la marine, à quoi est-on arrivé? Seulement à rendre trente-cinq ans plus tard les machines marines aussi économiques que les machines de terre. En théorie, ce n'est rien ; mais en pratique, c'est colossal, puisque de la dépense de 3,50 *kg* on est arrivé à celle de 1 *kg* par heure et par cheval effectif, et même à moins avec les machines de 4 à 5 000 chevaux et au-dessus. Dans la marine, c'est à l'économie de 75 0/0 que l'on est arrivé (2), grâce à la réu-

(1) Les grosses machines marines chauffent presque toujours, aussi est-on conduit à les arroser continuellement; tel n'est pas le cas des locomotives.

(2) Dans la marine, l'économie d'une tonne de houille laisse disponible la place pour une tonne de marchandise. En admettant en moyenne le fret au prix de la houille, soit

nion du condenseur par surface, de la haute pression et de la disposition compound Il est facile de comprendre le bruit que de semblables résultats firent dans le monde savant et industriel. Mais ces brillants résultats ne doivent pas faire oublier que, dès 1855, la maison Farcot construisait des machines horizontales de son système et des machines Woolf, qu'elle garantissait pour des forces de 60 à 100 chevaux, à une dépense maxima de 1,200 *kg* de houille de bonne qualité par heure et par cheval effectif. Depuis 1885, les machines se sont encore perfectionnées et la dépense (de MM. Farcot) de 1,200 *kg* de bonne houille ou de 10 *kg* de vapeur par heure et par cheval effectif est tombée à 7,672 *kg* et à 8 *kg* de vapeur réelle. Peut-on songer à faire des économies, non pas de 75 0/0, mais même de 5 0/0 sur de telles machines en les compoundant ? Il est difficile de le croire, comme cela a été démontré.

En effet dans le Bulletin du 13e Congrès des Ingénieurs en chef des Associations des Propriétaires d'appareils à vapeur, tenu à Paris les 11, 12 et 13 novembre 1888, on voit, page 262, 14e question, une note de M. Bour, sur les résultats d'une machine à vapeur horizontale à condensation de MM. L. Piguet et Cie, constructeurs à Lyon ; cette machine est installée à la Manutention militaire de Lyon.

1° Force nominale effective.	82 chevaux.
2° Nombre de tours par minute	60 tours.
3° Rendement	0,90

Essais de 1885.

a. Cheval indiqué. Poids de vapeur.	6,880 *kg*.
— effectif. —	7,651

Essais de 1886.

b. Cheval indiqué. Poids de vapeur.	7,134 *kg*
— effectif. —	7,924

Essais de 1888.

c. Cheval indiqué. Poids de vapeur	6,702 *kg*.
— effectif. —	7,446

Pendant ces trois années de marche continue, la machine est

de 20 *f* la tonne, on a donc une économie de 20 *f* × 2 = 40 *f*, de sorte que, pour un voyage, 1 000 *t* économisées donnent lieu à un bénéfice de 40 000 *f*, soit pour vingt voyages, *de 800 000 f par an.*

restée en bon état d'entretien courant, sans aucune réparation. Sa dépense moyenne par heure et par cheval effectif est donc de :

$$\frac{7{,}651\ kg + 7{,}924\ kg + 7{,}446\ kg}{3} = 7{,}672\ kg$$

de vapeur.

Avec des chaudières produisant 8,500 *kg* de vapeur par kilogramme de houille de bonne qualité, on trouve que la dépense de combustible n'est que de *903 grammes* de bonne houille par heure et par cheval effectif. Les plus fortes machines compound, dans les conditions les plus favorables, ne sont certainement pas plus économiques.

On ne saurait trop engager les praticiens à consulter les remarquables travaux, mémoires et essais de MM. Bour, Compère et Walther-Meunier, qu'ils trouveront dans les comptes rendus des séances des Congrès de ces Ingénieurs en chef.

Maintenant, si on arrive au cas particulier qui nous interesse, il est facile de voir que, pour les locomotives, les grandes détentes ne sont possibles : 1° que par le système compound, et 2° par le système à quatre distributeurs, réduisant au minimum les espaces nuisibles, comme pour les machines fixes, mais en rendant la distribution d'échappement indépendante de celle d'introduction, qui, elle, est très acceptable pour la très grande vitesse à laquelle marchent les locomotives (soit par la coulisse).

Sachant que, pour les diamètres des cylindres des locomotives, une pression de 0,5 *kg* ou d'une demi-atmosphère effective est nécessaire à fin de course, pour que le piston ne soit pas un frein dans son cylindre, et sachant que le maximum effet utile est obtenu avec l'introduction moyenne au 1/8 (1), on arrive à cette conclusion : c'est que, la locomotive étant sans condensation, la pression à fin de course doit être de $1^{at},5$ ou de 0,5 *kg*, et que la pression pendant l'introduction doit être de :

$$1{,}5\ atm \times 8 = 12\ atm = 11{,}36\ kg.$$

Comme le laminage peut faire perdre à grande vitesse 1 *kg* et même 1,64 *kg*, c'est donc à 13 *kg* qu'il faudrait faire timbrer les locomotives pour obtenir de la vapeur le maximum d'effet utile, voir le diagramme ABCDE, fig. 1. Mais avec la distribution ordinaire des locomotives, l'admission au 1/8 en volume donne l'échappement à milieu de course, de sorte que l'on perd la vapeur sous pression de 3 *atm*, soit sur ce diagramme le travail représenté par la surface *aCbd*. Avec le système compound, une grande partie de ce

(1) En général et en bonne pratique moyenne.

travail est utilisé, et avec le système à distribution d'échappement indépendant, il l'est aussi et plus complètement ; car on n'a que la machinerie de deux mouvements de piston et non de trois ou de quatre avec les pertes dues aux frottements, au refroidissement et au transvasement de la vapeur des petits cylindres aux grands.

En France et dans beaucoup de pays, les locomotives sont à échappement serré facultativement pour donner plus ou moins de tirage au foyer *(c'est l'échappement variable)* ; quand on serre celui-ci, on a des compressions A*fgh*, fig. 1, plus ou moins considérables.

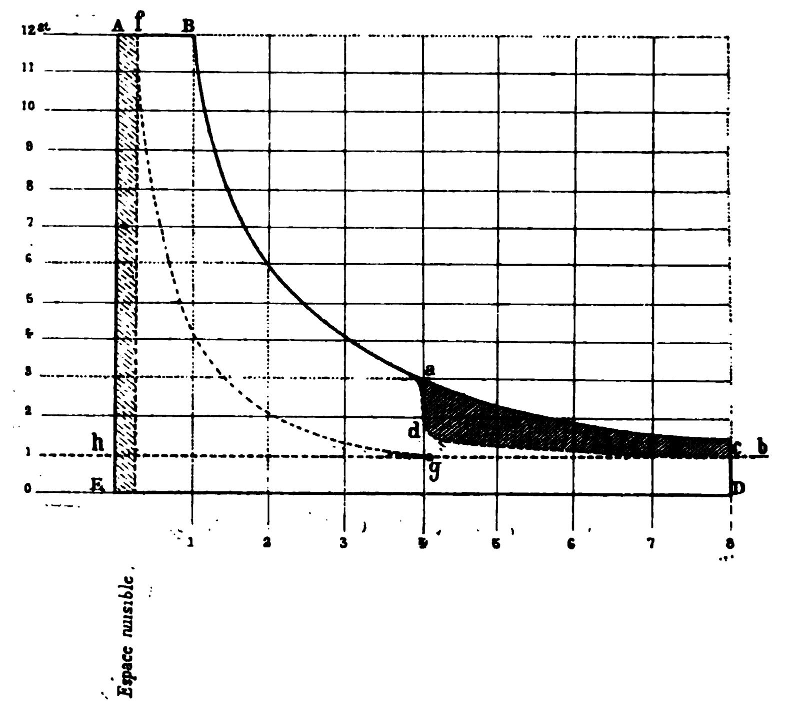


Fig. 1.

qui ne sont que du travail négatif restitué très imparfaitement. ainsi que les essais faits à la Compagnie d'Orléans l'ont bien nettement démontré.

Pour terminer, il semble qu'il est bon de dire deux mots des très hautes pressions auxquelles on arrive aujourd'hui ; ainsi la marine fait timbrer à 17 *kg* des chaudières multitubulaires et certains chemins de fer arrivent pour leurs locomotives compound à 16 *kg*. En effet, si on admet que le maximum d'effet utile d'un poids de vapeur peut être obtenu avec l'introduction au 1/8 et que la dépense n'est pas augmentée par cheval effectif avec l'admission

au 1/15, pour des machines à condensation ; on voit (fig. 2) que l'on peut obtenir le diagramme ABCDE ayant avec la condensation

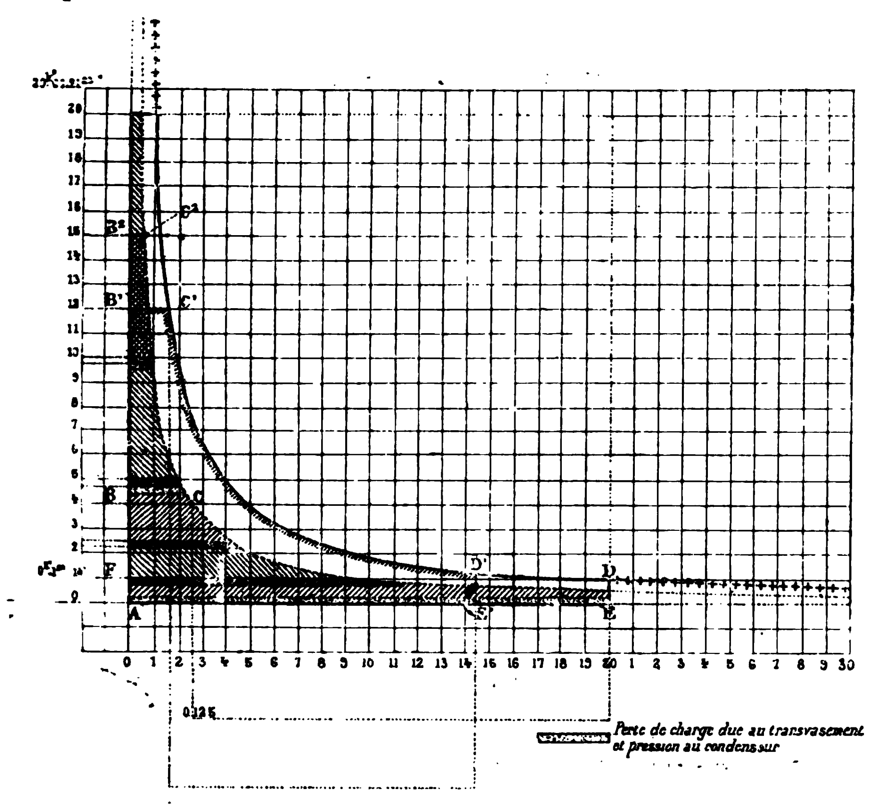


FIG. 2.

et une demi-atmosphère effective à fin de course, pour une introduction au 1/8 ou à 0,125, la pression étant à la fin de l'introduction de 4 *atm.*

0,5 *atm* $\times$ 8 = 4 *atm* dans le cylindre. Mais, comme le vide n'est jamais parfait et qu'il peut y avoir intérêt à faire varier, dans une large limite, la force de la machine, on fait timbrer à 6 *atm* soit dit aujourd'hui entre 5 et 5 1/2 *kg*.

Pour une locomotive il faudra, pour avoir le même diagramme semblable, fig. 2, FB'C'D'E' arriver à la pression de 12 *atm* : ainsi qu'on peut le voir plus haut, fig. 1, et faire dans la pratique timbrer 13 *kg*.

Si on prend le cas de la quadruple expansion, dans la marine, on trouve :

1° Une perte de charge des chaudières au premier cylindre . . . . 0,16 atm
2° Une perte due à trois transvasements 0,25 atm × 3 = 0,75 —
3° Une charge effective sur le grand piston à fin de course . . . . 0,33 —
4° Une pression au condenseur par surface de . . . 0,16 —
TOTAL . . . . 1,40 atm

D'où pression théorique aux chaudières :

$$1,40 \; atm \times 8 = 11,20 \; atm,$$

ce qui fait qu'en pratique on timbre entre 11 et 12 *kg*, et on conçoit que pour la sécurité que réclame la marine de guerre avec de grandes variations de vitesse, soit de force, elle passe de 12 à 17 *kg*, ainsi que le disent ses dernières commandes de chaudières multitubulaires.

De même si l'on considère une locomotive compound, on voit que son transvasement réclamera une grande augmentation de pression, même quand on supprimerait l'échappement variable, ainsi :

Pression de l'atmosphère . . . . 1,0 atm
— à fin de course des grands pistons . . . . . 0,5 —
— ou perte de charge due au transvasement. . 0,5 —
TOTAL . . . . 2,0 atm

La pression théorique à la chaudière devrait donc être de

$$2 \; atm \times 8 = 16 \; atm$$

pour avoir cette charge sur les petits pistons, à la fin de l'introduction, il faudrait faire timbrer la chaudière à 17 *kg* et même au-dessus en bonne pratique.

Mais si l'on tient compte de la contre-pression due à l'échappement variable, on voit que si celui-ci est très serré, il peut se trouver dans l'intérieur des grands cylindres une pression de 1 *kg* effectif ou de 2 *atm*, alors le diagramme négatif *fgh*, fig. 1, se trouve considérablement augmenté en surface ; ce n'est pas tout avec la distribution que l'on donne aux locomotives compound, la pression dans les petits cylindres à l'échappement est de 3, 4, 5 et 6 *kg*, la compression au lieu de s'exercer sur de la vapeur 0 *kg* ou à 1 *atm*, s'exerce sur de la vapeur à une densité quatre à cinq fois plus grande ; de sorte que si la compression commence à une demi-course ou à quart de course, elle se trouve plus que doublée et portée de 5 *kg* non pas à 10 *kg*, mais bien à 12 *kg* et au-

dessus par suite du développement de chaleur qui se dégage de la compression ; mais si la compression augmente encore, les tiroirs sont soulevés, celle-ci ayant pour limite la charge desdits tiroirs. On comprend alors combien le rendement du système compound est souvent mauvais, avec une machine à travail aussi variable que celui de la locomotive et à distribution par la coulisse.

Depuis quelque temps, grâce à l'augmentation du timbre, pour les chaudières des locomotives compound, on a obtenu des économies qui, quoique dues exclusivement à l'augmentation de pression, sont attribuées à tort au système compound ; en effet, le plus grand nombre de locomotives aujourd'hui en service, est timbré à 8 *kg*, 8 1/2 *kg*, 9 et 10 *kg*. Le timbre de 9 *kg* est très courant, alors que nous avons vu plus haut, fig. 1, que, théoriquement, il devrait être de 11,36 *kg* et pratiquement de 13 *kg*. Tous les partisans du système compound s'empressent, avec des machines comme *Tom-Pouce* et *Goliath* timbrées à 12 *kg*, de faire des comparaisons avec des machines ordinaires timbrées à 9 *kg*, et ils arrivent à trouver tout naturellement des économies et de l'augmentation de puissance, *dans certains cas* ; ce qui n'est pas difficile, puisqu'ils disposent d'une pression effective à l'origine supérieure de 3 à 6 *kg*, suivant que leurs compounds sont timbrées à 12 ou 16 *kg*. C'est exactement comme s'ils comparaient des machines à condensation timbrées à 2 1/2 ou 3 *kg* avec d'autres monocylindriques ou compound timbrées à 5 ou 6 *kg*, ou encore des machines marines anciennes aux nouvelles compound, timbrées à 6, 9 ou 12 *kg* et au-dessus.

Les très brillants résultats obtenus dans la marine avec le condenseur par surface, la haute pression et le système compound, sont généralement attribués à ce système seul, portant usuellement le nom de COMPOUND dans le langage courant, de sorte que beaucoup de personnes ont pensé qu'il n'y avait qu'à compounder les locomotives pour leur faire faire des économies fantastiques ; mais la pratique de tous les jours démontre le contraire : à égalité de timbre, ***on n'obtient rien***, et avec UNE AUGMENTATION NOTABLE DE PRESSION, les locomotives compound ne donnent que bien peu de chose, soit 2, 3 à 5 0/0, rarement 10, dans les conditions les plus favorables de leur établissement ; *de là aux 75 0/0 de la marine il y a loin, et bien loin* (1).

(1) Qui sont commercialement du 150 0/0. Avant la haute pression, les machines marines étaient de très mauvais moteurs, tandis que les locomotives actuelles sont déjà des machines très perfectionnées, ne dépensant que 1,300 *kg* de houille par heure et par cheval effectif.

Les diagrammes (fig. 2) = ABCDE pour machines fixes monocylindriques à condensation, et FB'C'D'E' pour locomotives à distributions indépendantes pour l'échappement, ainsi que AB² C²CDE pour machines marines à quadruple expansion marchant à 15 atmosphères avec admission (ou introduction) au 1/15 montrent bien que les locomotives ne peuvent se comparer aux machines marines, et il est bien facile de comprendre que, pour qu'une locomotive compound puisse se comparer à une locomotive (à distribution indépendante d'échappement) timbrée à 13 *kg*. il faudrait la faire timbrer à 17 et 18 *kg*; alors, dans les conditions les plus favorables pour le système compound, les résultats économiques obtenus seraient identiques très probablement. Quant à l'élasticité, on ne l'aurait pas; le poids serait notablement augmenté, et on est en droit de se demander si, pour de si médiocres résultats, il y a le moindre intérêt à avoir quatre cylindres et quatre mouvements pour DEUX, alors que le foyer gazogène d'Orléans donne 10 0/0 d'économie incontestable, ainsi que l'alimentation à l'eau chaude à 97° donne celle de 12 0/0, auxquelles il faudrait ajouter encore celle de 5 0/0 donnée par les enveloppes de vapeur; de sorte qu'une locomotive existante sans augmentation de timbre peut être considérablement améliorée avec une dépense de 4 à 5000 *f* (soit de 10 à 13 0/0 de sa valeur); 100,00 étant sa dépense et sa puissance avant sa transformation, on trouverait après :

	DÉPENSE pour un même travail utile	AUGMENTATION DE PUISSANCE pour une même consommation
1° Machine avant la transformation	100,00	100,00
2° — après transformation pour le foyer gazogène	90,00	110,00
3° Pour l'alimentation à 97° : 0,90 × (100 — 12) = ...	79,20	123,20
4° Pour les enveloppes de vapeur : 0,79,20 × (100 — 5) = ...	75,23	129.36
5° Si à ces avantages on ajoute encore ceux donnés par une distribution perfectionnée, qui théoriquement sont en moyenne de 22 0/0, et qui pratiquement peuvent être estimés à 15 0/0, on aura donc : 0,75,23 × (100 — 15) = ...	64,00	148,75

Ainsi, par des perfectionnements simples et peu coûteux, on peut réduire pratiquement la dépense d'une locomotive, à travail égal, de 1/3 ou de 33 à 36 0/0 en augmentant sa puissance de 1/2 environ, soit en la portant de 100 à 148 et 150.

Malgré ces très séduisantes apparences (car les chiffres donnés plus haut peuvent encore être discutés et contestés), tous les praticiens ne peuvent être encore convaincus par les essais de la Compagnie du chemin de fer d'Orléans; car, quoique ceux-ci datent bientôt de vingt-cinq ans pour les foyers, de neuf ans pour l'alimentation à l'eau chaude, de cinq ans pour les enveloppes de vapeur et de quelques mois seulement pour les nouvelles distributions à échappement indépendant et à quatre distributeurs, ces essais, n'ayant jusqu'ici reçu aucune publicité, sont restés *inconnus* (1), de sorte que l'attention des Ingénieurs des chemins de fer n'a pas été appelée à les examiner et à les discuter, tandis que le très grand et très juste retentissement que l'œuvre de Benjamin Normand a reçu dans la marine a fait poser cette question dans le monde des chemins de fer : *Les locomotives ne pourraient-elles, comme les machines marines, bénéficier du système compound?*

Beaucoup de nos collègues le croient, tandis qu'un grand nombre d'Ingénieurs distingués et compétents ne croient pas que le principe compound soit réellement à sa place sur une locomotive.

Tous les travaux de M. Lencauchez depuis dix ans ne font que confirmer l'opinion de ces derniers. Pour les machines fixes (ou de terre), le principe compound a son application pour les élévations d'eau, pour les machines soufflantes des hauts fourneaux et des Bessemer, c'est-à-dire là où il y a avantage à avoir deux ou trois manivelles avec une puissance constante et une résistance aussi constante, telle que la pression de l'eau ou du vent. Autre part, le principe compound est sans utilité réelle : c'est une mode. Certains croient qu'elle tiendra; il est permis d'avoir une opinion contraire : déjà pour les grosses machines réversibles de laminoirs (de 3 à 5 000 chevaux) on y a renoncé, principalement pour cause de manque d'élasticité.

Le principe compound aura au moins rendu un service aux locomotives, qui sera celui d'avoir fait porter leur timbre de 9 à 10 *kg* à celui de 13 à 15 *kg*.

(1) Les perfectionnements et améliorations dont parle M. Lencauchez peuvent s'appliquer aux machines existantes, c'est ce qui a été fait au chemin de fer d'Orléans.

Enfin, il est un point particulier de construction pour les machines marines et à condensation, qui passe souvent inaperçu, c'est celui de la circulation indépendante de la vapeur dans l'enveloppe des cylindres, circulation plus ou moins active, avec retour d'eau sans perte de volume ni de température aux chaudières. Pour les compounds on a quelquefois un réchauffeur tubulaire entre les cylindres à haute et à basse pression. M. le Dr Aimé Witz, dans une brochure récente (1890, Lille, L. Danel, imprimeur), dit, page 6 : « Cette chemise de vapeur procure un bénéfice d'au moins 10 0/0 dans les conditions ordinaires de marche, » et page 23, dans un tableau synoptique, il estime à 20 0/0 ou à 1/5 la vapeur condensée dans les trois enveloppes d'une machine à triple expansion (1). On est en droit de se demander si de la vapeur à une température plus élevée que celle qui est employée dans un cylindre unique circulant autour de ce cylindre (ainsi qu'on l'a déjà proposé) (2) n'y donnerait pas les mêmes résultats économiques que ceux signalés par M. Aimé Witz. Or, sous des pressions de 13 à 16 *kg*, l'enveloppe est aussi utile pour les machines sans condensation que pour celles qui le sont, les différences de température étant sensiblement les mêmes dans les deux cas.

Le réchauffage des cylindres à haute température, les transforme en vaporisateurs et la condensation correspondante dans les enveloppes est la meilleure utilisation pratique du calorique latent de la vapeur : c'est ce qui explique les grands avantages des enveloppes actives *avec les grandes détentes.*

(1) Ce retour d'eau, à la chaudière, donne une économie apparente de 20 0/0, si la vaporisation n'est comptée que sur l'alimentation, ainsi que l'on fait généralement; tandis qu'en réalité il faudrait en déduire le calorique latent de revaporisation.

(2) En 1863 MM. Lencauchez et James Pouchet ont proposé (dans un brevet à cette époque), pour les grosses machines alimentées par 2, 3 ou 5 chaudières, de faire timbrer l'une d'elles à 3, 4 ou 5 *kg* au-dessus de la pression normale; la vapeur à haute pression devait circuler dans les enveloppes puis se rendre dans un détendeur placé dans l'une des chaudières à pression inférieure où elle se débarrassait de son eau de condensation avant de se rendre à la boite de distribution : de cette façon les enveloppes auraient été à 25 et 30° au-dessus de la température de la vapeur dans les boîtes à tiroirs d'introduction.

DISCOURS

Prononcé à Chicago le 4 juin 1890

A PROPOS DU

PROJET D'ÉRECTION D'UN MONUMENT

EN L'HONNEUR DE J.-B. EADS

Par M. CORTHELL

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE L'OUEST
MEMBRE CORRESPONDANT DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE PARIS

Toute proposition ayant pour objet l'érection d'un monument commémoratif doit être soumise à un sérieux examen, quelle que soit la personne qu'elle concerne. Souvent déjà, des services rendus à l'humanité, soit en temps de paix, soit en temps de guerre, ont justifié cette haute récompense. Et pourtant, ils sont bien peu nombreux jusqu'ici, les monuments élevés à la gloire même des plus illustres Ingénieurs, malgré la grandeur des services qu'ils ont rendus et des travaux qu'ils ont exécutés.

Pourquoi le monde ne rendrait-il pas ce suprême hommage à l'Ingénieur dont les travaux ont eu une profonde influence sur le développement du commerce et de l'industrie ; pourquoi ne donnerait-il pas ce témoignage de respect à celui dont la vie a été illustrée par de grands succès dans le domaine du génie civil?

Il me semble que c'était hier encore que nous accompagnions à sa dernière demeure, dans cette paisible et calme retraite de Bellefontaine, cet illustre Ingénieur, dont la vie s'était passée sur ce grand fleuve du Mississipi, au bord duquel il allait reposer désormais.

Nous devons nous demander si, comme Ingénieur, il a mérité ce grand honneur qu'on propose de lui décerner? Pour répondre à cette question, jetons un rapide coup d'œil sur cette existenee si bien remplie, signalons les principales œuvres de son génie, étudions les projets que sa mort prématurée l'a mis dans l'impossibilité de réaliser et, après cet examen, voyons si la conclusion ne s'impose pas.

En l'année 1833, James-B. Eads, âgé de treize ans, débar

avec sa famille, sans asile, presque sans ressources, sur la rive du Mississipi, à l'endroit même où, plus tard, il devait exécuter une des plus belles constructions que le génie ait jamais inspirées.

Obligé, pour vivre, de travailler tous les jours dans un magasin, il étudiait la nuit dans la bibliothèque de son patron; et jamais il n'a pu jouir de cette instruction supérieure si libéralement distribuée depuis lors.

Jeune garçon, il était déjà passionné pour tout ce qui était mécanique; il construisit, dit-on, à cette époque un vrai bateau à vapeur d'environ six pieds de long, avec chaudière et machine, et le fit marcher sur cet étang du Choteau, qui a disparu pour faire place à la Rue 14, à Saint-Louis.

A dix-huit ans, il commençait à étudier le cours du Mississipi; commissaire à bord d'un bateau à vapeur, il se préoccupa d'enlever les débris de ces navires qui sombraient en grand nombre tout le long des bords du fleuve.

Il n'avait que vingt-deux ans, quand il construisit un bateau spécial avec cloche à plongeur, pour aller repêcher les chargements; et peu après, il réalisait un bateau beaucoup plus grand, muni de puissants engins avec lesquels il renflouait de grands navires avec toute leur cargaison. Lui-même inventa toutes les machines nécessaires à ce travail difficile et dangereux et il en surveilla la construction.

Il dirigeait lui-même les travaux de sauvetage et, quand ses employés effrayés refusaient de descendre dans la cloche à plongeur dans des conditions particulièrement périlleuses, il les entraînait par son exemple.

Il n'était ni grand, ni robuste, mais bien au contraire, petit et de chétive apparence; en revanche il était doué d'une étonnante énergie et les plus grands dangers ne pouvaient triompher de son courage; il était toujours maître de lui-même.

Il passa ainsi quatorze années de sa vie sur le grand fleuve ou ses affluents; observateur persévérant des particularités des courants et des apports, il exécuta une série de travaux remarquables qui commencèrent à le faire connaître. Ce fut là sa période d'école; cette vie pratique lui tint lieu d'études universitaires, et quand, à l'âge de quarante ans, il prit ses grades, il était prêt à résoudre les plus difficiles questions qu'on ne cessa dès lors de lui présenter jusqu'au jour de sa mort, à l'âge de soixante-sept ans.

Ce fut d'abord la période de notre terrible guerre. La situation

était extraordinaire pour tous; pour ce jeune homme, les quatre années de lutte imposèrent des efforts presque surhumains.

Le travail que le gouvernement lui demanda aurait écrasé un homme d'un génie moins puissant et moins sûr de lui-même.

Figurez-vous un homme qui consent à construire en soixante-cinq jours sept navires cuirassés de 600 tonneaux chaque, entourés d'une cuirasse de 15 *cm* et munis d'un puissant armement. Tout cela à faire au moment où les usines, les forges, les laminoirs, les scieries étaient fermés, où les ouvriers étaient partis ou se préparaient à partir pour la guerre, et où toutes les industries étaient désorganisées par les préparatifs de la lutte.

Les arbres pour la construction des bateaux étaient encore sur pied en forêt; les minerais, sous terre, au fond des galeries de mines; les cylindres de laminoirs, en projet sur le papier.

A peine les ordres signés à Washington, M. Eads télégraphiait aux propriétaires des scieries de sept États différents de débiter immédiatement les bois; il réquisitionnait les chemins de fer, les bateaux à vapeur, les barques pour transporter les bois de charpente à Saint-Louis; il faisait travailler exclusivement pour lui tous les grands laminoirs de Saint-Louis, de Pittsburg et de Cincinnati, et pendant des heures entières il ne quittait pas les appareils télégraphiques, envoyant partout les ordres et les instructions les plus détaillées pour la construction des 21 machines à vapeur et des 35 chaudières nécessaires à la flotte projetée. A Portsmouth (Ohio), à Newport (Kentucky) et à Saint-Louis, les usines laminaient simultanément les plaques de cuirassement; en moins de quinze jours, il avait mis 4 000 hommes à l'œuvre pour la construction de la flotte. Ce n'était pas assez de sept, on exigea encore la livraison d'un huitième navire cuirassé, et l'historien de notre marine a pu dire : « Ainsi un seul homme a fait construire, en moins de cent jours, une flotte de huit bateaux à vapeur d'un tonnage total de 5 000 tonneaux, pouvant faire 16 *km* à l'heure, bien cuirassés, bien équipés et prêts à porter 107 grands canons. Pour une pareille œuvre, ainsi réalisée, il n'est pas de mots qui puissent exprimer l'admiration méritée. »

Il suffit de retracer rapidement ces faits pour montrer la puissance d'action de cet ingénieur si modeste. Il acheva ainsi successivement quatorze grands navires cuirassés; il transforma en canonnières sept gabares; il lança et arma de mortiers quatre bateaux spéciaux. Sans l'intervention de cette flotte, dessinée, construite, équipée par les soins de cet ingénieur, on peut se demander si la

guerre eût été sitôt terminée; sans elle on n'aurait pu ni ouvrir le Mississipi à la navigation, ni rompre les lignes de l'ennemi.

Un tel homme est certainement digne d'être mis au rang de ceux qui ont remporté les plus grandes victoires sur terre ou sur mer.

Mais la paix a ses victoires non moins glorieuses que celles de la guerre.

A peine la paix rétablie, Eads se consacra à l'exécution d'un pont à Saint-Louis, sur ce grand fleuve près duquel il avait passé toute sa vie. Il m'est inutile, devant vous, ingénieurs, de faire l'éloge de ce splendide travail à la fois si beau et si utile au commerce, mais au moins puis-je le citer comme un remarquable exemple de fondations en eaux profondes et d'arches hardies sur de larges bras de fleuve. Pour l'époque, ce travail fut une merveille à tous les points de vue : profondeur des fondations, largeur des portées, courants violents, sables mouvants. Cette œuvre marque une date dans la construction; il suffit, pour s'en convaincre, de lire l'article que publia, pendant la période d'exécution des travaux, l'*Engineering* de Londres.

Nous avons beau faire passer devant notre esprit tous les grands travaux qui ont été exécutés dans toutes les parties du monde, nous n'en trouvons aucun qui présente autant de difficultés vaincues que ce magnifique pont à arches exécuté à Saint-Louis par le capitaine Eads. Dans ce beau pont, on saisit la parfaite harmonie entre l'homme de la théorie et l'homme de la pratique. Les formules les plus savantes de l'analyse moderne ont servi à calculer les pièces; il a été fait appel à tous les moyens d'action les plus parfaits du fabricant pour la production des matériaux et à toute l'ingéniosité du constructeur pour mettre en place ces masses énormes.

Partout brille l'œuvre du génie; jamais une pareille entreprise n'eût été réalisée s'il ne se fût trouvé, réuni dans un même homme, au plus haut degré, tout ce que peut donner la théorie et la pratique.

Mais J.-B. Eads avait conçu des travaux plus grands encore; non content d'avoir relié l'Est à l'Ouest par-dessus le Mississipi, il rêvait sans cesse au projet caressé pendant ses jeunes années; ses pensées étaient continuellement concentrées à la recherche d'un moyen d'ouvrir les bouches du Mississipi à la navigation, et d'abaisser cette barrière naturelle qui fermait cette belle vallée aux relations avec le monde. La lutte fut longue et pénible ; je n'ai pas à m'attarder pour la décrire ; tout le monde en connait les détails et surtout le triomphe qui a si puissamment contribué au déve-

loppement de la prospérité commerciale de cet immense territoire.

Les études et les publications faites par M. Eads sur ce grand sujet sont des merveilles de clarté, de netteté ; grâce à ces expositions si simples et si lucides, tout le monde comprenait les principes occultes, mais puissants, qui gouvernent les courants d'eau et les mouvements des sédiments ; tout le monde saisissait les méthodes si rationnelles qu'il préconisait pour l'amélioration des cours d'eau et des ports.

Le caractère d'Eads a fait une profonde impression sur tous ceux qui travaillaient autour de lui. Quelque difficulté qu'il rencontràt, soit technique, soit financière, ou tout autre, il ne se laissait ni arrêter ni décourager un seul instant.

Il connaissait si parfaitement les forces contre lesquelles il luttait, les conditions qui l'entouraient, qu'il avait une confiance absolue dans le succès de ses efforts.

Il avait plus encore qu'une science profonde : il avait un véritable génie qui le guidait ; il avait une foi sublime en l'existence de lois immuables, œuvres du Créateur ; il avait une noble ambition qui devenait vraiment de l'héroïsme, alors qu'il luttait sans faiblir contre les difficultés qui entravaient la marche de ses œuvres.

Alors que tout le monde doutait du succès de son entreprise, lui restait ferme ; il ne s'écartait jamais du chemin qu'il s'était tracé.

Il avait dit, en commençant, ces paroles presque prophétiques :

« J'entreprends cette œuvre avec une foi fondée sur les lois » toujours constantes de Dieu Lui-même, et s'il me conserve pen- » dant deux ans encore ma vie et mes facultés, je donnerai au » Mississipi, par la grâce de Dieu et les applications de Ses lois, une » embouchure profonde, ouverte, sûre et permanente à la mer. »

Le succès de cette grande entreprise, qui a donné à la navigation du Mississipi un chenal profond, régulier, invariable, a eu une importance énorme sur le développement des États de l'Ouest ; celui qui a conçu, dessiné et exécuté ces jetées du Mississipi mérite certainement d'être placé au premier rang des Ingénieurs hydrauliciens et d'être considéré comme un des bienfaiteurs de l'humanité.

Sa vie entière fut inspirée par un patriotisme ardent mais sans égoïsme, et par un vif désir de servir les intérêts les plus élevés de ses semblables dans le monde entier.

On s'en rend compte surtout quand on suit les efforts continus et désintéressés qu'il fit pour arriver à réaliser ses projets d'amélio-

ration du cours du Mississipi, de Cairo jusqu'au golfe du Mexique. On peut certainement affirmer que, sans lui, ces projets d'ensemble n'eussent jamais été adoptés, et leur exécution n'eût pas été commencée par le gouvernement des États-Unis, — tout au moins à cette époque.

Personne en dehors de ses amis intimes, dont plusieurs étaient membres du Congrès, ne sait tout ce que le pays doit à cette persévérante ténacité, à ces efforts continus sans cesse dirigés vers ce seul but, l'un des plus difficiles à atteindre qui ait été conçu dans le monde civilisé, l'amélioration du cours du Mississipi.

Personne ne se rend compte de tout ce qu'il fit pour éclairer l'opinion publique, pour stimuler l'action de tous les intéressés, par ses brochures, par ses articles de revues et de journaux, par ses adresses au Congrès, par ses discours publics.

L'amélioration du cours du grand fleuve, le développement de la richesse des millions d'hommes qui demeurent sur ses bords, furent l'objet continu et préféré des préoccupations de toute sa vie. Malheur à ceux qui firent opposition à son dessein, qui entreprirent de le combattre devant les pouvoirs publics ! Vis-à-vis d'eux il parut parfois violent, acerbe, passionné ; mais vis-à-vis de tous ceux qui comprenaient les généreuses aspirations de son génie, il n'était que bonté et douceur.

Toute sa vie fut ainsi, pendant bien des années, consacrée à l'amélioration du cours du Mississipi ; pour lui, il n'y avait en cela aucun intérêt égoïste ; il ne recherchait pas la gloire ; pour l'exciter, il n'était pas besoin d'un pareil mobile ; avec l'enthousiasme d'un martyr, il épuisa ses forces à ce travail surhumain. Des efforts si continus avaient profondément atteint sa santé et ses forces : le médecin l'obligea à s'éloigner de Washington, le théâtre de ses luttes et de ses travaux.

Le grand projet auquel M. Eads voua généreusement les dernières années de sa vie, si bien remplie déjà, visait à relier le bassin du Mississipi à l'océan Pacifique. Il consacra sans réserve son intelligence, son expérience, toutes ses facultés enfin, à ce qu'il considérait comme le plus utile des travaux qu'il pût réaliser : cette œuvre si grandiose dans sa conception, si magnifique dans ses résultats possibles, elle lui apparaissait presque comme une céleste inspiration.

Il disait parfois à ses amis intimes :

« Je ne mourrai pas sans avoir accompli cet ouvrage et sans

» avoir vu de mes propres yeux les grands vaisseaux passer d'un » océan à l'autre océan au travers du continent. »

Il méditait souvent, avec toute l'ardeur d'une foi qui réalise ce qu'elle espère, ces mots prophétiques du poète qui regardait en imagination le même spectacle :

« Voilà des vaisseaux, qui des mers séparées par la nature, re- » montent par les voies que l'homme a préparées. Leurs voiles se dé- » ploient le long de ces vallées dont les eaux courent vers d'autres » mers, et sur ces bords abandonnés hier encore aux fantômes de » l'air, surgissent des villes pleines d'animation et de vie. »

Quand, agonisant sur la terre étrangère, on lui dit qu'il n'avait plus que peu d'heures à vivre, tous ceux qui entouraient son lit de souffrance sentirent l'angoisse amère de ce puissant génie qui s'écria ferme et inflexible : « Je ne peux pas mourir; je n'ai pas fini mon ouvrage. Que la volonté du Créateur est mystérieuse ! »

Nous ne saurions nommer même dans ce discours tous les travaux de génie qui, chez nous et à l'étranger, occupaient le temps de cet ingénieur. Il conçut et dirigea les travaux d'amélioration de plusieurs grands ports des Deux-Amériques et d'Europe.

En récompense de grands services rendus ainsi au commerce du monde, la Société des Arts de Grande-Bretagne fit à Eads l'honneur de lui décerner la médaille du Prince-Albert, et motivait en ces termes cette distinction : « La Société des Arts décide que la médaille du Prince-Albert est accordée à M. James Buchanan Eads, le célèbre Ingénieur américain, dont les travaux ont fait faire de si grands progrès à la navigation fluviale aux États-Unis, et ont ainsi rendu un service très important au commerce du monde. »

Telle est la vie, telles sont les œuvres de cet Ingénieur auquel ses compatriotes vont décerner un suprême hommage. Mais l'Ingénieur de génie n'appartient pas seulement à son pays d'origine. Ses œuvres intéressent tous les peuples ; le monde civilisé tout entier devrait coopérer à l'érection de ce monument. Les limites de la terre ou de l'océan n'ont pu emprisonner sa renommée ; sa gloire s'est partout répandue ; et toutes les parties du monde participent aux bienfaits qu'ont produits les œuvres de son génie.

Un monument digne de cet homme, l'un des plus grands de notre époque, de cet Ingénieur dont le nom est connu par delà les mers, doit s'élever, dominant le grand fleuve auquel il a consacré toute son énergie, et cette vallée pour laquelle il a donné toutes ses forces et sa vie même.

CHRONIQUE

N° 128.

Sommaire. — Fabrication des tubes par le procédé Mannesmann. — Moteur à gaz pour tramways. — Recherche des fuites de gaz. — Funiculaire du Monte San-Salvatore. — Accidents sur les chemins de fer suisses.

Fabrication des tubes par le procédé Mannesmann. — L'attention de la Société a été appelée, il y a quelque temps déjà, sur le curieux procédé de fabrication des tubes métalliques par laminage, de Mannesmann, par une lettre de notre vénérable collègue M. Daniel Colladon, lettre lue dans la séance du 7 décembre 1888. Depuis cette époque, ce procédé paraît s'être répandu, et plusieurs usines en Allemagne, Autriche et Angleterre le mettent en œuvre.

Nous allons donner un résumé d'une communication présentée sur ce sujet par M. J.-G. Gordon, à une récente séance de la *Society of Arts*, présidée par notre éminent collègue Sir Frederick Bramwell.

Le procédé Mannesmann consiste dans un mouvement imprimé à la matière d'une barre métallique dans sa partie extérieure, mouvement tel que la partie intérieure doit se déplacer pour suivre l'autre et laisse un vide à sa place, lequel vide donne lieu à la formation d'un cylindre creux ou tube. Ainsi, une barre est placée entre des rouleaux de forme conoïdale, à l'endroit où le diamètre est le moindre et, par conséquent, la vitesse à la circonférence la plus faible. Ces rouleaux saisissent la barre et l'amènent en contact avec les circonférences dont la vitesse périphérique croît de plus en plus, tandis que, par la disposition des rouleaux l'un par rapport à l'autre, l'intervalle laissé entre eux décroît proportionnellement; dans ces conditions, il s'opère un déplacement du métal, l'action des rouleaux fait que ce métal ne peut pas être fourni par la partie extérieure de la barre : il doit donc être emprunté à l'intérieur, ce qui amène la formation d'un tube. Dès que la barre s'engage dans le laminoir, on voit se produire au centre de l'extrémité une sorte de crevasse qui devient une cavité, laquelle s'enfonce progressivement dans le sens de l'axe de la barre, à mesure que les fibres extérieures sont soumises à un effort de torsion de plus en plus considérable. C'est cette action de torsion et le rapport entre le mouvement circulaire et longitudinal imprimés simultanément à la matière qui caractérisent le procédé et lui font produire un tube au moyen d'une barre pleine. Les rouleaux sont animés d'une vitesse de 200 à 300 tours par minute.

Il y a un mandrin conique au centre, mais son but est uniquement de régler l'épaisseur du tube et de régulariser sa surface intérieure; la présence de ce mandrin ne joue aucun rôle dans la formation proprement dite du tube.

Parmi les échantillons présentés, il s'en trouve un qui présente un intérêt particulier. Avant d'engager une barre dans le laminoir spécial

Mannesmann, on a eu la précaution d'étirer au marteau les deux extrémités de la barre, de manière à leur donner un diamètre moindre sur une faible longueur; puis on a fait passer la barre dans le laminoir. Il en est résulté que les deux extrémités, n'ayant pas subi l'action des cylindres, sont restées pleines et qu'on a obtenu naturellement un tube fermé aux deux extrémités, objet impossible à produire par aucun autre procédé. Il devrait exister un vide absolu dans l'intérieur de ce tube. Pour s'en assurer, MM. Mannesmann ont envoyé des tubes de ce genre au professeur Fink, à Berlin, lequel a étudié un appareil spécial pour constater à la fois la pression dans le tube et la composition des gaz, s'il s'en trouvait. Le résultat a été que la pression intérieure était très sensiblement d'un dixième d'atmosphère et que le gaz se composait de 99 0/0 d'hydrogène, le reste étant probablement de l'azote.

Il faut une puissance considérable pour produire l'etirage des tubes, de 2 000 à 10 000 chevaux, selon la dimension des objets fabriqués. Si on devait installer un moteur de cette force sur chaque laminoir, les dépenses de premier établissement seraient très élevées, mais cette force énorme n'est nécessaire que pendant un temps très court : 30 à 45 secondes suffisent pour faire un tube d'une barre de 3 *m* à 3,50 *m* de longueur sur 0,100 *m* de diamètre, et il y a un intervalle notable entre la sortie du tube fini et l'arrivée de la barre suivante.

Cet intervalle permet d'accumuler de l'énergie dans le volant et, grâce à cet artifice, on peut se contenter d'un moteur de la puissance relativement modérée de 1 000 à 1 200 chevaux.

Le volant dont nous venons de parler est d'une construction toute spéciale, appliquée par MM. Mannesmann pour prévenir la rupture de la jante, accident désastreux auquel les volants en fonte sont exposés, si on leur donne une vitesse un peu considérable à la circonférence. Ce volant est formé d'un moyeu en fonte auquel sont boulonnés deux disques en tôle d'acier de 6 *m* environ de diamètre. A la circonférence de la roue ainsi constituée sont enroulées à peu près 70 *t* de fil d'acier n° 5 sous une tension d'environ 25 *kg*, ce qui assure à la masse une homogénéité suffisante. Il n'y a aucune comparaison possible entre la résistance d'un volant de cette construction à l'action de la force centrifuge et celle d'un volant en fonte.

La vitesse est de 240 tours par minute, ce qui donne à la circonférence une vitesse linéaire de $6 \times 3{,}14 \times \frac{240}{60} = 75{,}36\ m$ par seconde, soit 271 *km* à l'heure, vitesse certainement double de la plus grande qui ait été réalisée par une locomotive sur un chemin de fer dans des conditions exceptionnelles. Ce volant est relié au laminoir par des engrenages à denture hélicoïdale.

Une des conditions essentielles dans le procédé Mannesmann est le soin avec lequel les rouleaux doivent être ajustés ; les laminoirs sont de véritables machines de précision, dans lesquelles sont disposés des moyens de réglage à moins de 0,001 *m*.

Une fois les tubes terminés, il est généralement nécessaire d'en fileter les extrémités pour permettre l'assemblage, ces tubes étant le plus souvent destinés à être employés pour des conduites d'eau, de gaz, etc.

Aux usines de Landore, près Swansea, où le procédé Mannesmann est mis en œuvre, il y a douze machines à fileter pouvant opérer sur des diamètres variant de 0,050 à 0,305 *m* ; ces machines sont du système américain dit à filetage conique ; en effet, au lieu de faire un pas de vis de profondeur uniforme, elles en opèrent un dont la profondeur va en diminuant progressivement. Cette disposition donne plus de serrage au joint et facilite beaucoup le dévissage.

Voici quelques résultats d'essais faits sur des tubes d'acier fabriqués par ce procédé et par d'autres tubes :

TABLEAU I. — **Tubes d'acier.**

Diamètre extérieur avant tournage	0,1143
Longueur totale	0,445
Longueur entre épaulements	0,254

	DIAMÈTRE EXTÉRIEUR	DIAMÈTRE INTÉRIEUR	ÉPAISSEUR EN *mm*	SECTION ANNULAIRE EN *mm*²	RÉSISTANCE EXTRÊME PAR *mm*²
A	0,1130	0,1107	1,15	39,80	33,15 *kg*
B	0,1135	0,1100	1,75	60,10	40,49
C	0,1143	0,1095	2,40	84,16	43,93
D	0,1159	0,1098	3,05	106,62	»

OBSERVATIONS. — La machine à essayer n'était pas assez forte pour vaincre la résistance du tube D.

Une bande de métal prise dans le sens de l'axe d'un tube semblable à ceux qui ont été soumis à l'essai a donné une résistance à la rupture de 55,51 *kg* par millimètre carré, un allongement de 25 0/0 sur 0,200 *m* et une réduction de section à la rupture de 54,2 0/0.

TABLEAU II. — **Tubes d'acier.**

Diamètre extérieur avant tournage	0,0889
Longueur totale	0,445
Longueur entre épaulements	0,254

	DIAMÈTRE EXTÉRIEUR	DIAMÈTRE INTÉRIEUR	ÉPAISSEUR EN *mm*	SECTION ANNULAIRE EN *mm*²	RÉSISTANCE EXTRÊME PAR *mm*²
A	0,0841	0,0813	1,40	38,40	29,50 *kg*
B	0,0838	0,0808	1,50	39,10	40,12
C	0,0853	0,0810	2,25	55,74	44,41
D	0,0836	0,0770	3,30	83,20	55,35

OBSERVATIONS. — Les tubes B, C et D ont cédé sans se rompre.

Une bande de métal découpée parallèlement à l'axe dans un tube pareil a donné une résistance à la rupture de 58,68 *kg* par millimètre carré, un allongement de 20 0/0 sur 0,20 *m* et une réduction de section à la rupture de 42,5 0/0.

TABLEAU III. — **Tubes en fer.**

Diamètre extérieur avant tournage	0,0973
Longueur totale	0,445
Longueur entre épaulements	0,254

	DIAMÈTRE EXTÉRIEUR	DIAMÈTRE INTÉRIEUR	ÉPAISSEUR EN *mm*	SECTION ANNULAIRE EN mm^2	RÉSISTANCE EXTRÊME PAR mm^2
A	0,0922	0,0902	1,00	25,54	27,82 *kg*
B	0,0940	0,0905	4,78	51,33	28,67
C	0,0947	0,0897	2,50	72,96	31,69
D	0,0960	0,899	3,05	88,32	33,15

Il est évident qu'il faudrait un nombre d'essais beaucoup plus considérable pour tirer des conclusions définitives par rapport à la supériorité des nouveaux tubes, mais cependant on voit déjà que, essayés à la compression, ils se comportent mieux que les tubes soudés, ils cèdent par flexion et non par rupture; même complètement courbés, ils ne montrent ni fissure, ni cassure. Ces essais ont été faits pour montrer la valeur des tubes Mannessmann pour les diverses sortes d'emplois et les résultats ont été très satisfaisants.

Ce qui distingue les tubes dont nous nous occupons de tous les autres est que, par suite de leur mode de fabrication, les fibres du métal se trouvent disposées en hélice. Dans les procédés par étirage, on part d'un cylindre de métal qui après avoir été obtenu par fusion, forgeage ou laminage est percé d'un trou dans son axe; on l'étire successivement pour arriver à en faire un tube, et ces opérations donnent aux fibres du métal une direction parallèle à l'axe du tube; or, cette position fait que celui-ci a nécessairement moins de résistance à la pression intérieure que si les fibres étaient disposées en hélice. Tout le monde sait que cette dernière position est réalisée dans la fabrication des canons de fusil de qualité supérieure, les canons à rubans, et dans la fabrication des pièces d'artillerie de lord Armstrong.

Pour établir une comparaison, on a confectionné deux bouteilles, l'une avec un tube Mannesmann, l'autre avec un tube soudé à recouvrement; on les a remplies d'eau préalablement bouillie et on les a mises dans un mélange réfrigérant. L'expansion produite par la congélation de l'eau a amené la rupture de la bouteille faite avec le tube soudé, tandis que l'autre a résisté. Un autre tube Mannesmann, de 0,025 *m* de diamètre intérieur et 1,015 *m* d'épaisseur, a été soumis à une pression intérieure de 600 *kg* par centimètre carré dans les ateliers de MM. Siemens frères, à Carlton; le bouchon qui fermait une des extrémités du tube céda à cette pression, mais le tube ne donnait pas de trace d'altération. Cette pression correspond à un effort de traction de 111 *kg* par millimètre carré de section du métal (70 *t* par pouce carré). Cette énorme résistance rend ces tubes très précieux pour les emplois relatifs aux gaz à pressions élevées, tels que l'oxygène ou l'acide carbonique qu'on commence à employer dans les arts, de même que pour les diverses applications de l'air comprimé.

Aux usines autrichiennes de Mannesmann, à Komotan, on a déjà fabriqué plus de 600 *t*, représentant 56 *km*, de tubes de 100 et 75 *mm* sur 6 *mm* d'épaisseur, lesquels ont tous été essayés à une pression de 140 *kg* par centimètre carré. Ces tubes sont destinés au Chili pour une distribution d'eau à haute pression dans les districts où on exploite les nitrates et où il ne pleut jamais.

On peut dire que l'épreuve la plus sévère qu'on puisse faire subir à ces tubes est celle qui se produit pendant leur fabrication même. En effet, si le métal est bien homogène, bien travaillé et chauffé très également, on obtient un tube parfait, tandis que si une de ces conditions est imparfaitement remplie, le laminoir ne produit pas le tube demandé et rejette la barre plus ou moins ébauchée comme pourrait le faire l'inspecteur le plus attentif; de sorte qu'un tube fabriqué est en réalité un tube éprouvé, le procédé ne permettant pas d'obtenir un produit imparfait.

Le tableau IV donne les poids comparatifs par mètre et par kilomètre des tuyaux en fonte et des tuyaux en acier pour les diamètres courants. Il est évident que pour les applications où le transport par terre joue un grand rôle, comme pour l'Amérique du Sud et l'Australie, par exemple, il y a une grande économie dans l'emploi des tuyaux en acier; en outre la plus grande longueur de ces derniers et leur manutention plus facile rendent moins coûteux la pose et la confection des raccords.

TABLEAU IV.

TUYAUX EN FONTE		TUYAUX EN ACIER		DIFFÉRENCE DE POIDS PAR KILOMÈTRE
DIAMÈTRE INTÉRIEUR	POIDS PAR MÈTRE	DIAMÈTRE INTÉRIEUR	POIDS PAR MÈTRE	
p mm	kg	p mm	kg	kg
3 — 76,2	20,05	3 — 76,2	9,21	10 840
4 — 101,6	27,62	4 — 101,6	12,18	15 440
5 — 127,0	36,38	5 — 127,0	15,00	21 380
6 — 152,4	46,18	6 — 152,4	17,97	28 210
7 — 177,8	55,39	7 — 177,8	20,93	34 460
8 — 203,2	66,82	8 — 203,2	23,76	43 060
9 — 228,6	78,50	9 — 228,6	26,73	51 770
10 — 254,0	92,07	10 — 254,0	29,70	62 370
12 — 304,8	110,63	12 — 304,8	37,12	73 550
18 — 457,2	206,30	18 — 457,2	69,50	136 800

Un autre avantage revendiqué en faveur des tubes Mannesmann est qu'ils peuvent subir à poids égal des pressions beaucoup plus grandes. Tandis que des tuyaux en fonte ne résistent guère à plus de 14 *kg* par centimètre carré et les tuyaux en fer soudé à plus de 70, les tubes Mannesmann peuvent aller au double de ce dernier chiffre.

La longueur qu'on peut obtenir peut être évaluée par le fait d'un serpentin de 75 *mm* de diamètre intérieur, et 21 *m* de développement pesant environ 325 *kg*. On peut obtenir par le même procédé des essieux creux pour wagons, chariots, affûts de canon, voitures d'artillerie, etc. Le Gouvernement prussien a déjà commandé à MM. Mannesmann quantité d'objets pour fournitures militaires, notamment les lances dont doit être

armée la cavalerie allemande. Trois de ces lances figuraient parmi les objets exposés dans la conférence que le professeur Reuleaux a faite récemment sur ce sujet à l'Association des Ingénieurs allemands, à Berlin.

Les inventeurs de ce curieux procédé sont les fils de M. Mannesmann, fabricant d'acier et de limes à Remscheid, ville manufacturière de Westphalie, qui, avec sa voisine Solingen, peuvent être considérées comme le Sheffield et le Birmingham de l'Allemagne. Il y a plus de trente ans que M. Mannesmann père essaya de fabriquer des canons de fusil en laminant des lingots annulaires, il ne réussit pas dans une mesure suffisante pour passer à la fabrication courante, mais, dès que ses deux fils eurent achevé leurs études, il les entretint de ses idées ; ceux-ci se mirent à l'œuvre et, après plusieurs années de recherches et d'expériences, ils arrivèrent à trouver le procédé si remarquable qui porte leur nom et dont nous venons d'essayer de donner une idée.

Moteur à gaz pour tramways. — On essaye en ce moment aux États-Unis un moteur à gaz pour tramways dont il a déjà été question depuis quelque temps, le moteur Connelly. Les premiers essais ont été faits à Élisabeth. New-Jersey ; ils ont duré six mois et le moteur a été trouvé correspondre aux conditions exigées de charge et de vitesse, mais la disposition mécanique laissait à désirer.

Deux nouvelles machines ont été construites dans lesquelles ces difficultés paraissent avoir été écartées et on dit que le moteur est aujourd'hui sorti de la période expérimentale et qu'il n'y a plus de doute sur sa réussite.

Un moteur de tramways a à développer un effort variable, très grand au démarrage et à faible vitesse ; d'autre part un moteur à gaz se prête mal aux variations de vitesse et aux arrêts et remises en marche ; aussi dans le moteur Connelly a-t-on dû employer un mode de transmission spécial et approprié à ces conditions. C'est un système à friction qui permet, avec une machine de 8 chevaux de développer au démarrage un effort supérieur à celui qu'on pourrait obtenir d'un moteur de 30 chevaux disposé à la manière ordinaire.

La machine à gaz est du genre compound avec un cylindre à haute pression et un cylindre à basse.

Le récipient à combustible est de forme annulaire, la partie centrale est remplie d'une matière poreuse sur laquelle on fait arriver le naphte, l'enveloppe contient de l'eau et est en communication par des tuyaux avec les enveloppes des cylindres, la circulation qui se produit ainsi fait que l'eau qui a servi à refroidir les cylindres fournit son calorique pour la vaporisation du naphte.

L'air aspiré traverse la matière poreuse chargée d'essence volatile, se sature de vapeur, est comprimé dans le cylindre à haute pression et enflammé par une étincelle électrique ; le cylindre à basse pression reçoit l'action finale des gaz et agit comme moteur pendant la première partie de sa course de retour, puis, la pression étant devenue nulle, il refoule une nouvelle charge de gaz dans le cylindre à haute pression.

Le mécanisme de transmission est à friction comme nous l'avons dit ;

il est disposé d'une manière très simple et très pratique. Le volant du moteur à gaz porte sur le côté un plateau de 0,75 *m* de diamètre, un arbre perpendiculaire à l'arbre de ce volant et relié aux roues de la machine porte une poulie à friction pouvant glisser sur l'arbre et tourner avec lui, cette poulie de 0,305 *m* de diamètre a sa position réglée par une commande sous la main du mécanicien, c'est cette position par rapport au centre du plateau qui détermine la vitesse et le sens de la marche et permet l'arrêt complet du véhicule, tandis que le moteur continue à tourner dans le même sens et à la même vitesse, sa marche est contrôlée par un régulateur et il n'y a pas à s'en occuper.

On dit que cette machine dépense 7 *f* par journée de 14 heures en effectuant un parcours de 145 *km*, tandis qu'un *car* à deux chevaux coûte de 25 à 32 *f* pour un parcours journalier de 97 *km* seulement. Le moteur Connelly est actuellement en service régulier sur la ligne de Bellefontaine-street, à Saint-Louis.

Recherches des fuites de gaz. — Les journaux allemands donnent les détails suivants sur un procédé pour reconnaitre les fuites dans une canalisation de gaz souterraine. On perce dans le sol des trous au-dessus de la conduite et on y enfonce des tubes en fer de 12 à 15 *mm* de diamètre et d'un mètre de longueur. A la partie supérieure de chaque tube est placé un tube en verre contenant une bande de papier imprégné d'une solution de chlorure de palladium.

Ce papier devient noir sous l'action du gaz d'éclairage et d'autant plus rapidement que la fuite est plus importante. On considère que, dans les conditions les moins favorables, une durée de 15 minutes suffit largement pour permettre de constater l'existence d'une fuite.

Les trous sont pratiqués à 2 *m* de distance les uns des autres et il faut avoir soin de ne pas faire descendre les tubes de fer plus bas que le niveau de la conduite ; l'emploi de ces tubes en fer ayant pour objet de traverser la couche superficielle plus ou moins dure du sol des rues et de permettre au gaz d'arriver à la surface, on a, dans beaucoup de voies publiques, à Francfort-sur-le-Mein, notamment dans celles qui sont asphaltées, posé à travers l'asphalte et la couche inférieure de béton des tubes en fer de 25 *mm* de diamètre descendant à peu de distance des conduites de gaz et arrasés au niveau du sol.

Ces tuyaux sont remplis de fragments d'éponge et fermés avec des bouchons de liège. Ils fournissent un moyen commode de s'assurer comme précédemment de l'existence des fuites de gaz et évitent en très grande partie la nécessité de remuer le sol des rues pour la recherche de ces fuites comme on est obligé de le faire habituellement.

Funiculaire du Monte San-Salvatore. — On a inauguré au mois de mars dernier le chemin de fer du Monte San-Salvatore, près de Lugano, dont l'inclinaison est la plus grande qui ait été encore réalisée sur un chemin de fer funiculaire.

La ligne part du faubourg de Paradiso, à 1 *km* de la station du Gothard et conduit en une demi-heure au sommet du San-Salvatore, montagne qui domine Lugano et d'où l'on jouit d'une vue extrêmement belle et

étendue sur tout le lac de Lugano et ses montagnes et, dans le lointain. la chaine du Mont-Rose et d'autres cimes des Alpes Valaisanes, etc.

La longueur du tracé suivant la pente est de 1 644 *m*, la projection horizontale de 1 535, la différence de niveau des deux extrémités est de 603 *m*, ce qui donne une inclinaison moyenne de 39,3 0/0. La station inférieure de Paradiso est à 282,50 *m* au-dessus du niveau de la mer, la station intermédiaire de Pazzalo à 489,60 et la station supérieure de San-Salvatore à 884,97 ; le sommet de la montagne est à 909 *m*.

Au départ, l'inclinaison commence avec 17 0/0 pour arriver à 20 et à 31, et en arrivant à Pazzalo, à 38. Dans la seconde partie, l'inclinaison passe brusquement de 38 à 44, puis, au delà d'une courbe, elle arrive à 56 et enfin à 60 0/0. C'est, comme on le voit, un peu plus que l'inclinaison de 57 0/0 du Territet-Glion.

L'établissement de cette voie a nécessité quelques ouvrages d'art d'une certaine importance. Il y a d'abord, à la sortie de Paradiso, un grand viaduc métallique de 103 *m* de longueur en six travées de 15,71 *m* de portée mesurée horizontalement, sauf la deuxième et la cinquième qui ont 17,68 *m*, portées par cinq piles métalliques de 6 à 8 *m* de hauteur, sans compter le soubassement en maçonnerie.

La ligne franchit le chemin de fer du Gothard par un pont de 36 *m* en deux travées avec une pile métallique.

La voie est à l'écartement d'un mètre, elle est établie en rails d'acier de 18 *kg* environ le mètre courant et de 95 *mm* de hauteur fixés sur des traverses métalliques de 1,50 *m* de longueur, lesquelles sont solidement ancrées sur deux murs parallèles en maçonnerie de ciment s'étendant sur toute la longueur du parcours. Entre les rails est fixée une crémaillère à deux lames du système de notre collègue M. Abt.

La traction se fait, non pas par une balance d'eau, comme dans la plupart des funiculaires suisses, mais par un moteur fixe. Il y a, comme toujours, deux wagons; ces wagons contiennent chacun 32 places. Le câble est en fil d'acier, il a 32 *mm* de diamètre et 1 700 *m* de longueur, il est soutenu par des galets fixés de distance en distance entre les rails. Le câble s'attache à la voiture inférieure, monte et pénètre dans le bâtiment de la station intermédiaire de Pazzallo où se trouve la machine motrice, le câble s'enroule sur un tambour, puis monte à la station supérieure, passe sur une poulie et redescend s'attacher à la seconde voiture qui se trouve à la station supérieure si la première est à la station inférieure. Dans cette position le câble est tout entier d'un côté. Si la voiture inférieure monte, la voiture supérieure descend et les deux voitures se trouveront l'une près de l'autre à la station intermédiaire. Là les voyageurs passent de l'une dans l'autre, de sorte que chaque voiture ne fait que la moitié du trajet ; c'est un mode d'exploitation analogue à celui des ascenseurs supérieurs de la Tour Eiffel.

Le moteur est actuellement une machine à vapeur de 50 chevaux, mais on doit se servir d'un moteur électrique actionné par un courant provenant d'une chute d'eau située sur l'Arogno, à Marrogia à 11 *km* de Lugano.

La machine actionne le tambour par l'intermédiaire d'une transmis-

sion qui permet de le faire tourner, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre.

L'arrêt normal se fait par le machiniste ; les conducteurs placés dans les voitures communiquent avec lui par des signaux électriques, mais, en cas d'accident les conducteurs peuvent arrêter les voitures au moyen de freins à main agissant sur la roue dentée qui engrène avec la crémaillère. De plus, il y a un frein automatique de sûreté; au cas où le câble viendrait à se rompre, un ressort sur lequel ce câble exerce sa traction se détendrait et lâcherait un contrepoids dont la chute amènerait le serrage presque instantané de la roue dentée engrenant avec la crémaillère.

Des griffes placées sous celles-ci empêchent tout soulèvement d'être possible entre cette roue et la crémaillère. La sécurité est absolue et la multiplicité des précautions enlève toute appréhension malgré la pente vertigineuse.

Le projet a été étudié et exécuté par la maison Bucher et Durrer, de Kægiswil, qui a construit le chemin de fer du même genre établi au Bürgenstock sur le lac des Quatre-Cantons et mû par l'électricité. Les ponts ont été fournis par Th. Bell et C[ie] de Kriens, près Lucerne, les moteurs viennent de la fabrique de machines d'Œrlikon.

La construction complète a coûté 600 000 *f* et a demandé deux années; on évalue la dépense annuelle pour la force motrice à une dizaine de mille francs.

Accroissement de la capacité des wagons à marchandises. — On se préoccupe depuis longtemps de l'utilité qu'il y aurait à augmenter la capacité des wagons à marchandises, au moins pour certains transports. Le *Schweitzerische Bauzeitung* a donné récemment une comparaison intéressante présentée par M. Jefferds pour le transport de la houille avec des wagons du modèle anglais et des wagons américains à bogies de grande capacité. La comparaison porte sur le transport à à 80 *km* de 1 000 *t* de houille avec retour à vide des wagons.

	TYPE ANGLAIS	TYPE AMÉRICAIN
Nombre de wagons nécessaire	125	34
Tare de chaque wagon	5,5 *t*	8,5 *t*
Capacité de chaque wagon	8	30
Nombre total d'essieux	250	136
Longueur du train formé du nombre ci-dessus de wagons	686 *m*	352 *m*
Total de wagons-kilomètres	20 000	5 440
Poids mort mis en mouvement aller et retour	1 375 *t*	578 *t*
Tonnes-kilomètres de poids utile	80 000	80 000
— de poids mort	110 000	46 240
Proportion de la charge utile	42,10	63,37
— du poids mort	57,90	36,63
Coût moyen d'une tonne-kilomètre utile	0,0425 *f*	0,0136 *f*
Coût total pour 80 000 tonnes-kilomètres utiles	340	109
Prix moyen du wagon par tonne de charge utile	197,50	147,50
Entretien annuel en proportion du prix du wagon	8,3 0/0	1 0/0

On voit, à l'inspection du tableau précédent, quelle est l'influence de l'augmentation de capacité des wagons sur le poids mort et, par suite, sur le prix du transport qui se trouve, si les chiffres donnés plus haut sont exacts, réduit dans des proportions énormes. L'influence de la capacité doit être sur les chemins de fer ce qu'elle est dans les autres modes de transport, et surtout dans la navigation tant fluviale que maritime.

Accidents sur les chemins de fer suisses. — En 1888 la longueur totale exploitée des chemins de fer Suisses tant à voie normale qu'à voie réduite, à adhérence et à crémaillère, mais non compris les funiculaires et les tramways étaient de 2 993 *km*.

Il s'est produit 307 accidents répartis comme suit :

47 déraillements dont 27 aux changements de voie et 20 en pleine voie ;

19 collisions dont 13 dans des stations et 6 en pleine voie ;

Et 241 autres accidents dont 225 ayant atteint des personnes.

Au point de vue des victimes la décomposition est la suivante :

Les déraillements et collisions n'ont amené la mort d'aucun voyageur, mais ont causé celle de 3 agents des chemins de fer et ont blessé 4 voyageurs et 9 agents. Les accidents amenés par d'autres causes ont tué 4 voyageurs, 20 agents et 15 personnes étrangères et blessé 50 voyageurs, 163 agents et 22 personnes étrangères. Le nombre total des victimes est donc : pour les voyageurs 4 tués et 6 blessés, agents de chemins de fer 23 tués et 172 blessés, personnes étrangères 15 tués et 22 blessés ; total 242 victimes dont 42 morts et 200 blessés. Il faut ajouter à ces chiffres 15 tués et 1 blessé par suicide ou tentative de suicide.

Les nombres absolus qui précèdent donnent lieu aux proportions suivantes :

0,14 voyageur tué et 0,22 blessé pour 1 000 000 voyageurs transportés ou 0,07 et 0,10 par 10 000 000 voyageurs kilomètres ;

0,11 agent de chemin de fer tué et 0,83 blessé par 100 000 kilomètres de parcours de locomotives ou 0,06 et 0,41 par 1 000 000 kilomètres de parcours d'essieu ;

Et enfin 0,50 personne étrangère tuée et 0,74 blessée par 100 kilomètres de ligne.

Sur les funiculaires dont la longueur totale est de 6 349 *m*, il n'y a eu en 1888 qu'un accident lequel a entraîné la mort d'une personne. Il s'est produit sur le funiculaire de Marzili à Berne le plus court et le moins fréquenté de tous.

Sur les tramways dont la longueur totale était 35,62 *km*, il y a eu, en 1888, 10 accidents ayant comme conséquence 1 mort et 9 blessés.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Juin 1890.

Rapport de M. Hirsch sur le **condenseur à eau régénérée,** de M. Grangé.

Cet appareil s'applique à la condensation par injection avec refroidissement de l'eau chaude provenant de la condensation, principe déjà appliqué, notamment par MM. Chaligny et Cie. L'avantage est de permettre de marcher à condensation avec une quantité d'eau fort limitée, inférieure même à celle qu'exigerait une machine à échappement libre fournissant le même travail.

L'appareil de M. Grangé comprend également un château d'eau parcouru par un courant d'air ascendant, mais ce courant d'air est dû au tirage naturel et n'exige pas de ventilateur. C'est une cheminée carrée dans laquelle l'eau chaude s'écoule par cascades du haut en bas, contrariée dans sa chute par des chicanes, tandis que l'air monte en sens contraire.

La pompe à air est disposée d'une façon particulière ; il y en a deux, en réalité.

La pompe à air proprement dite prend dans le haut du condenseur l'air et la vapeur ; une seconde pompe prend l'eau. Il résulte de ce dispositif que le refroidissement de la vapeur se fait d'une manière méthodique, le courant de vapeur rencontrant, dans son parcours, de l'eau de plus en plus froide. Aussi, l'on constate que le condenseur reste, dans le haut, à une température relativement basse, laquelle va en s'élevant jusque dans le bas où elle atteint environ 60° ; cet arrangement permet d'employer pour la condensation de l'eau à une température assez élevée, de sorte que l'appareil n'a pas de dimensions exagérées.

Rapport de M. Édouard Simon sur un **métier continu à filer le coton (chaîne et trame),** de M. Augustin Vimont, à Vire.

Ce métier continu pour coton résume les principes et les perfectionnements dont l'inventeur fut l'initiateur et dont il est demeuré le vulgarisateur depuis quarante-six ans.

Nous ne pouvons que renvoyer au rapport de M. Simon pour les caractères essentiels et la description de cet appareil qui parait réaliser des progrès très importants.

Rapport de M. Lecœuvre sur l'**ouvrage ayant pour titre : Collection de dispositions et d'appareils destinés à éviter les accidents de machines**, présenté par l'**Association de Mulhouse pour prévenir les accidents de fabrique.**

Cet important recueil, accompagné d'un texte en français, en allemand et en anglais, comprend six parties : les moteurs, les transmissions, les monte-charges, les machines à travailler le bois, les machines de l'industrie textile et les dispositions diverses.

La plupart des appareils indiqués sont simples et peu coûteux et il y aurait le plus grand intérêt à en voir généraliser l'emploi dans les fabriques.

Rapport de M. L. Prunier sur la **lampe de sûreté** de M. Fumat.

Cette lampe, due à M. Fumat, ingénieur en chef de l'exploitation des mines de la Grand'Combe, est surtout destinée à circuler dans les galeries où se rencontrent des courants d'air violents. C'est la première lampe de mineur dans laquelle on soit parvenu à faire suivre à l'air de l'alimentation et aux gaz de la combustion le même trajet sensiblement que dans les lampes d'appartement ordinaires. Cette circulation intérieure, nouvelle pour les lampes de mineurs, a pour première conséquence d'augmenter notablement la puissance éclairante, sans nuire à la sécurité qui doit être la condition essentielle pour ce genre d'appareil. De plus, cette lampe qui brûle comme toutes les autres dans un milieu tranquille, résiste d'une manière tout à fait exceptionnelle à l'action des courants d'air les plus rapides. On l'a expérimentée en Angleterre avec de l'air dont la vitesse atteignait 27 *m* par seconde.

Cette lampe qui constitue un progrès sérieux pour l'éclairage des mines à grisou est employée couramment aux mines de la Grand'Combe et, à Paris, par le service des pompiers.

Rapport de M. Prunier sur le **lit à éléments interchangeables** de M. Chappe d'Auteroche.

Il s'agit d'un lit pour malades destiné à faciliter les soins à donner aux personnes qu'il est impossible de lever; ce lit se fractionne en plusieurs parties ou tranches indépendantes et susceptible de se remplacer les unes les autres.

Emploi des explosifs dans les mines à grisou par M. Mallard, inspecteur général des mines.

C'est le tirage des coups de mine qui produit le plus de victimes dans les mines à grisou, aussi, l'emploi des explosifs ne pouvant être supprimé entièrement et même ne pouvant être restreint qu'au prix de sacrifices coûteux, s'est-on préoccupé de rendre cet emploi inoffensif ou au moins à en diminuer considérablement les dangers dans les mines à grisou.

Aucun procédé ne parait susceptible de parer aux dangers de l'emploi de la poudre noire.

En Angleterre et en Prusse, on a fait des recherches sur l'usage des explosifs brisants, tels que la dynamite, le coton-poudre et les explosifs gélatinés dérivés de ces deux substances. En France, une Commission

nommée en 1887 par le Ministre des Travaux publics, fut chargée de l'étude des questions se rattachant à l'usage des explosifs dans les mines à grisou. Les résultats de ces recherches ont été publiés dans les *Annales des Mines*. C'est le résumé de ce travail qui est donné ici.

Falsification de l'oléine commerciale par l'acide linoléique, par MM. Grandval et Valser.

L'acide oléique, désigné dans le commerce sous le nom impropre d'oléine et employé pour le graissage des laines avant la filature, est fréquemment falsifié au moyen de l'acide linoléique extrait de l'huile de lin, beaucoup plus oxydable et siccatif, mais qui a l'inconvénient de jaunir fortement les fils, si ceux-ci ne sont pas immédiatement soumis au tissage et restent quelque temps à l'air.

Les moyens de reconnaitre cette falsification sont assez nombreux; ils consistent dans la teinte, la différence de densité, l'insolubilité partielle dans l'alcool à 85°, qui dissout entièrement, au contraire, l'acide oléique, le dépôt sur une lame de plomb bien décapée, sur laquelle, en une nuit, l'acide linoléique en couche mince est resinifié, tandis que l'acide oleique reste intact, et enfin la coloration jaune intense donnée par le mélange avec volume égal de lessive de soude, opération qui ne donne qu'une teinte grisâtre avec l'acide oléique,

Roue hydraulique de marée (traduit de l'*Engineering*). — Il existe aux États-Unis, dans le Maine, une roue hydraulique de 27 pieds de diamètre, placée dans un canal où la marée arrive très rapidement: cette roue fonctionne dix-huit heures sur vingt-quatre, en marchant une heure avec le reflux et le reste du temps avec la marée montante; elle produit plus de 50 chevaux.

Derniers perfectionnements apportés au procédé Martin pour la production de l'acier doux en Amérique, par A. Hunt. (Extrait de l'*American Institute of Mining Engineers.)*

Ces perfectionnements consistent dans le mode de construction des fours formés par une carcasse en tôle qui entoure et supporte la sole, dans l'emploi des gaz naturels pour le chauffage, emploi qui supprime les gazogènes et simplifie la construction et la marche des appareils, et dans l'usage des briques de magnésie préférables à celles de dolomie, si on peut les obtenir à un prix assez bas. Ces briques viennent d'Allemagne où elles coûtent actuellement 175 *f* la tonne.

Les soles de magnésie paraissent appelées à remplacer partout les soles siliceuses dans les fours Martin parce qu'en retardant l'oxydation, elles donnent un acier plus pur et de meilleure qualité et qu'elles résistent mieux à la température élevée de ces fours et à l'action destructive des scories et de l'oxyde de fer, ce qui évite les réparations fréquentes et coûteuses des fours Martin.

Le procédé Martin a sur le Bessemer l'avantage qu'on peut faire des essais en cours de fabrication, ce qui assure la production d'un métal régulier et de qualité connue.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

District du Nord.

Séance du 16 mars 1890.

Notice nécrologique sur M. de Boisset, par M. E. Vuillemin.

M. de Boisset avait été directeur de la Compagnie de l'Escarpelle où il avait appliqué, pour la première fois dans le Nord, en 1865, le procédé Kind-Chaudron avec un succès complet.

Communication de M. Plichon sur la **Situation ouvrière en Angleterre et en France.**

Voici la conclusion de M. Plichon relativement aux grèves survenues en Angleterre en 1888 :

Il a été possible, pour un certain nombre de grèves, d'avoir des renseignements sur le nombre de grévistes. 65 598 ouvriers ont pris part à 180 grèves qui ont réussi; 29 600 à 92 grèves défavorables aux grévistes et 17 602 à 94 grèves qui ont abouti à une transaction avec les patrons.

En général, les grèves ont été amenées par des causes matérielles, par une simple question d'argent. Il n'y en a pas 50 qui aient eu pour bases des griefs d'une autre nature.

Sur les 320 grèves qui ont eu pour but une augmentation de salaires, on a vu que 175 avaient réussi, tandis que sur 54 grèves amenées par le désir de s'opposer à une diminution des salaires, 12 seulement avaient abouti à un résultat. La proportion des grèves entièrement ou partiellement favorables est considérable. Cela vient confirmer l'opinion généralement acceptée que, sur un marché en hausse, les grèves sont le plus souvent favorables aux grévistes.

Communication de M. Malissard-Taza sur le **rivage des mines de Marles.**

L'ensemble de l'installation du rivage comprend : 1° le basculeur proprement dit; 2° la trémie fixe de chargement; 3° la trémie mobile de distribution avec ses appareils de manœuvre; 4° le touage pour la manœuvre des bateaux.

Le basculeur mobile autour de deux tourillons a son mouvement réglé et modéré par l'action combinée d'un pendule différentiel et d'un frein hydraulique. La trémie fixe a la contenance du wagon, soit 10 *t*. La trémie mobile est le complément indispensable de la précédente; elle est du système employé aux mines de Lens. Le touage des bateaux s'opère à l'aide d'un câble sans fin en fil d'acier mis en mouvement au moyen d'un tambour sur lequel il s'enroule et qui peut être manœuvré par un homme seul.

Communication de M. L. Breton **sur le port de Calais.**

Communication de M. A. de Quillacq fils sur la **machine Wheelock d'extraction.**

Cette communication est relative à certains perfectionnements apportés à des machines Wheelock d'extraction des mines d'Aniche et de Blanzy.

Communication de M. François sur **l'emploi des explosifs de sûreté aux mines d'Anzin.**

La Société des Mines d'Anzin emploie depuis plusieurs mois dans toutes ses fosses à grisou les trois explosifs de sureté suivants :

1° 20 0/0 nitro-glycérine gelatinisée et 80 0/0 azotate d'ammoniaque.
2° 30 — — 70 — —
3° 10 coton octonitrique et 90 — —

On en a consommé à ce jour plus de 30 000 *kg*, sans renconter aucune difficulté.

L'emploi de ces explosifs ne présente aucun inconvénient pratique et le prix de revient des travaux au rocher n'en est pas augmenté d'un centime ; on trouverait plutôt une légère économie.

Au point de vue de la sécurité, bien qu'il y ait toute probabilité d'un avantage important à ce point de vue, il est bon de dire que l'emploi des explosifs de sûreté ne doit pas inspirer aux mineurs une sécurité trompeuse, et que le mode sûr et réellement pratique d'allumer les coups de mine est encore à découvrir.

District de Saint-Etienne.

Séance du 3 mai 1890.

Communication de M. Termier sur la **détermination de la position des failles de Villebœuf et du Gagne-Petit** dans la région de Patroa.

Communication de M. Rossigneux sur l'**utilisation de la chaleur perdue dans la carbonisation de la houille.**

La Compagnie des mines d'Anzin a installé à Haveluy 100 fours Coppée en quatre groupes de 25, ayant chacun leur cheminée. Deux de ces groupes envoient directement leurs flammes dans la cheminée, tandis que les deux autres chauffent chacun quatre générateurs, soit huit en tout, dont six de 53 et deux de 41 m^2 de surface de chauffe.

Ces générateurs fournissent la vapeur à une machine qui actionne l'atelier de lavage et broyage du charbon servant à l'alimentation des fours à coke ; trois ou quatre générateurs seulement sont en service à la fois, les autres étant en nettoyage ou en réserve.

Il a été fait quelques expériences sur ces générateurs. Ainsi on a, en septembre 1883, vaporisé en 6 heures 20 minutes, 3 694 *l* d'eau à l'heure dans trois générateurs ayant une surface de chauffe collective de 160 m^2. La pression était de 4 *kg*. Les chaudières étaient chauffées par 26 fours produisant par 24 heures 1 700 *kg* de coke avec 2 340 *kg* de charbon.

Les matières brûlées représentaient donc 540 *kg* par four, soit 14 *t* pour les 26 fours, de sorte que chaque kilogramme a fourni 6,8 *kg* de vapeur à raison de 23 *kg* par heure et par mètre carré de surface de chauffe.

On peut citer, à titre de curiosité, les résultats obtenus aux fours de Turenne, de la Compagnie d'Anzin, avec un petit générateur de 40 m^2 de surface de chauffe par 20 fours Coppée recevant chacun 3100 *kg* de charbon par vingt-quatre heures.

Cette chaudière a vaporisé 4000 *l.* d'eau à l'heure, soit 100 *kg* par mètre carré de surface de chauffe; les 20 fours brûlant par heure ensemble 580 *kg* de matières, la vaporisation par kilogramme a été de 6,5 *kg*. L'auteur ajoute, il est vrai, que l'ébullition était tumultueuse et qu'il y avait beaucoup d'eau entraînée, de plus la chaudière a été mise hors de service en vingt-quatre heures.

M. Rossigneux constate que l'économie à réaliser par l'utilisation complète des flammes des fours à coke est tout à fait de même ordre que celle qui a été réalisée par l'emploi des gaz des hauts fourneaux.

A la suite de cette communication, on a fait remarquer que cet emploi des gaz dans les usines est beaucoup plus répandu que ne semble le croire l'auteur. De plus en utilisant les gaz des fours à coke pour chauffer les chaudières, on réduit sensiblement la production des fours à cause de la résistance que les gaz éprouvent à parcourir les carneaux des chaudières. Si cette diminution de production nécessite la construction de 10 0/0, par exemple, de fours en plus, il faut voir si l'économie obtenue par l'emploi des gaz couvrira l'intérêt du capital ainsi absorbé.

Communication de M. Rateau sur **la Régularisation de la marche des ventilateurs.**

Il s'agit ici de ventilateurs de mine et on propose d'employer un soufflet agissant sur le moteur et réglant la marche de celui-ci pour obtenir une dépression parfaitement constante.

Communication de M. Villiers sur le **Pont du Forth.**

Cette communication vise le mode de pose de la poutre centrale du Pont du Forth.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Janvier 1890.

Rapport annuel, présenté par M. Félix Binder, secrétaire général.

Mouvement de la caisse de la Société industrielle.

Il est intéressant de noter que la Société industrielle de Mulhouse comptait, à la fin de 1889, 646 membres, dont 556 ordinaires, 58 correspondants et 11 honoraires; le nombre des admissions de l'année dernière a été de 20 dont 18 ordinaires.

Les recettes se sont élevées à 162.665 *f* et les dépenses à 142.845 *f*.

Les Vosges, le sol et les habitants, par M. G. Bleicher, rapport présenté à la Société industrielle, par M. Mathieu Mieg.

Cet ouvrage est divisé en cinq parties. La première traite de la géographie physique et de la géologie; la seconde, de la météorologie et de

la climatologie; la troisième et la quatrième, des origines, modifications et état actuel de la flore et de la faune. Enfin, la cinquième et dernière partie se rapporte à l'archéologie préhistorique, l'anthropologie et l'ethnographie.

Ouverture de plis cachetés.

FÉVRIER 1890.

Rapport sur l'**Installation de lieux d'aisance**, pour établissements industriels, de MM. BOECKING ET Cie, par M. CH. ZUNDEL.

Le système de vidange employé dans cette installation est celui de la fosse ou tinette mobile, aussi appelé : *système de vidange de Heidelberg*, qui devrait être mis en pratique dans tous les centres populeux, parce qu'il satisfait en même temps le plus aux données de l'hygiène publique et de l'économie sociale bien entendue.

L'installation comprend un réservoir cylindrique horizontal en fonte dans lequel tombent les déjections d'un certain nombre de cabinets ; ce réservoir est supporté par deux voûtes en maçonnerie, de manière qu'il puisse se vider dans un tonneau sur roue que l'on amène au-dessous de son ouverture fermée par un obturateur à coulisse fort bien combiné. Les cabinets se trouvent à une certaine hauteur au-dessus du sol ; un escalier y donne accès. Deux tuyaux d'aération aux deux extrémités ventilent le réservoir.

Un réservoir de 4 *m* de longueur et 1 *m* de diamètre, avec 10 bassins de siège, couvercle et porte d'évacuation, coûte 725 *f*.

Les matières extraites sont transportées dans des fosses *ad hoc* et on les couvre d'une matière absorbante, telle que la poussière de tourbe ou des scories de houille. On obtient ainsi un excellent engrais dont le rendement couvre assez vite le prix de l'installation.

Un coup d'œil en passant sur **quelques filatures de coton de la Haute-Italie,** par M. TH. BRYLINSKI.

L'industrie de la filature de coton est en progrès incontestable dans le nord de l'Italie et son développement y est rapide. Cela tient à la multitude de cours d'eau qui y fournissent la force motrice et à la population très dense et très sobre qui donne une main-d'œuvre à bon marché ; on emploie surtout les femmes et les jeunes filles, les hommes y sont très rares, ils exercent la profession de terrassiers, maçons, tailleurs de pierre, etc.

A ces conditions déjà très favorables s'ajoutent la facilité des communications, routes, canaux, chemins de fer, tramways à vapeur ; le crédit largement constitué par un système de banques ; la protection du gouvernement, qui favorise l'industrie nationale ; l'esprit d'initiative et de progrès des individus, et la présence d'un personnel technique instruit dans les écoles du pays.

Il y avait, en novembre 1888, deux millions de broches environ en Italie pour la filature du coton, dont une grande partie travaillant nuit et jour. L'industrie du tissage mécanique n'a pas encore pris un développement correspondant et ne compte guère plus de 25 000 métiers.

Il semble cependant, d'après les renseignements relevés par l'auteur

du mémoire, que, malgré les conditions avantageuses indiquées plus haut, les prix de façon ne soient pas inférieurs à ceux d'Alsace, par exemple, et que la filature italienne doive le plus clair de ses bénéfices aux tarifs douaniers qui la protègent. On peut attribuer ce fait à l'élévation du prix d'établissement amené par les travaux considérables à exécuter pour l'établissement des chutes et au peu de travail que font les ouvriers qui sont payés bon marché. Enfin, le régime des impositions constitue en Italie une charge fort lourde pour l'industrie.

Étude sur la **nigrisine,** par M. Th. Baumann.

La nigrisine est un nouveau colorant gris basique, découvert par M. Ed. Ehrmann et fabriqué par la Société anonyme de matières colorantes de Saint-Denis.

Note sur le **nitrate d'ammonium fondu,** par M. E. Mathieu-Plessy.

Note sur une **encre indélébile,** par M. O. Scheurer.

Cette encre se prépare comme suit, d'après une recette indiquée par Braconnot, en 1829 : A 20 *g* de potasse de Dantzig préalablement dissoute dans l'eau bouillante, on ajoute 10 *g* de matière animale (parure de peaux tannées) divisés convenablement et 5 *g* de fleur de soufre. On fait bouillir le tout jusqu'à sec dans un vase en fonte; on chauffe ensuite plus fortement en agitant continuellement jusqu'à ce que la matière se ramollisse en évitant toutefois qu'elle n'entre en ignition, puis on y ajoute de l'eau et on filtre à travers une toile lâche; on obtient ainsi une liqueur très foncée qui peut se conserver indéfiniment dans un flacon bouché.

Cette recette était donnée dans les *Annales de Chimie et de Physique* de 1829; or, dans le même volume XL, un peu plus loin, Braconnot, dans une lettre à Gay-Lussac, indiquait qu'il s'était trop pressé d'annoncer que la matière colorante obtenue par lui pouvait être employée comme encre indélébile, attendu que les caractères obtenus avec elle disparaissaient par des macérations successives dans le chlore et la potasse.

Blanchiment des tissus de coton, par M. A. Scheurer.

Ouverture de plis cachetés.

Mars 1890.

Rapport de M. Walther-Meunier, ingénieur en chef de l'Association alsacienne des Propriétaires d'appareils à vapeur sur **les travaux exécutés sous sa direction** pendant l'exercice 1889.

Ces travaux sont divisés, comme dans les précédents rapports, en service ordinaire, comprenant les visites extérieures et intérieures des générateurs, et les consultations et le service extraordinaire, qui comprend les essais à la presse hydraulique et les essais de machines et chaudières.

Parmi ces derniers se trouvent trois expériences intéressantes, sur lesquelles nous croyons devoir entrer dans quelques détails.

La première expérience a été faite, au point de vue de la consomma-

tion, sur une machine Corliss à distribution Berger André à un seul cylindre de 1,060 *m* de course et 0,460 *m* de diamètre. La vapeur était fournie à la pression moyenne de 5 *kg* par une chaudière de Naeyer de 120 m^2 de surface de chauffe. La consommation de vapeur a été trouvée pour 92,31 chevaux indiqués de 7,545 *kg* par cheval indiqué et par heure ; la machine marchait à 64,82 tours par minute en moyenne.

M. Walther-Meunier déclare n'avoir jamais constaté de consommation aussi faible sur une machine à un seul cylindre. Il est à remarquer que ces résultats ont été obtenus avec une pression assez basse, 4,23 *kg* seulement à l'admission et une admission à 1/8 environ de la course.

La seconde expérience a été faite sur une machine demi-fixe compound à condensation, construite par la Société alsacienne, à Mulhouse. Cette machine à cylindres de 0,320 et 0,480 *m* de diamètre et 0,600 *m* de course, faisant 120 tours par minute en moyenne, et alimentée de vapeur à 8 1/2 *kg* par une chaudière type locomotive de 69,80 m^2 de surface de chauffe, a développé 123,25 chevaux indiqués avec une consommation d'eau de 7,52 *kg* par cheval indiqué et par heure, soit pratiquement la même que la machine Corliss précédente.

La troisième expérience a été faite sur une machine compound du système Armington, construite par la Société Alsacienne, à Mulhouse. Cette machine avait des cylindres de 240 et 360 *mm* de diamètre et 255 de course ; elle fonctionnait à 300 tours environ avec de la vapeur à 7 1/2 à 8 1/4 *kg* de pression effective. On a fait fonctionner l'appareil avec et sans condensation, dans le premier cas avec un éjecteur Kœrting.

Avec condensation, la consommation, pour des puissances allant de 61 à 76 chevaux au frein, a varié de 10,96 à 10,68 *kg* de vapeur par cheval au frein et par heure, le rendement étant respectivement de 0,872 et de 0,903.

Dans la marche sans condensation, pour des puissances mesurées au frein allant de 50 à 76 chevaux, la consommation par cheval au frein et par heure a été de 14,11 et 12,7 *kg* et le rendement de 0,820 et de 0,890.

Dans ce dernier cas, on a trouvé que l'influence de l'enveloppe de vapeur sur la consommation était à peu près insignifiante.

Le rapport de notre collègue renferme encore d'utiles renseignements sur la production de la vapeur, notamment un résumé des résultats les plus intéressants d'expériences sur le rendement des houilles les plus généralement employées en Alsace. Il insiste avec raison sur la nécessité d'employer de la vapeur aussi sèche que possible en ne demandant à chaque mètre carré de surface de chauffe des générateurs qu'une vaporisation modérée et en employant au besoin des sécheurs de vapeur.

Ouverture de plis cachetés.

Pour la Chronique et les Comptes rendus,
A. Mallet.

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20. — 17408-9-90.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

SEPTEMBRE 1890

N° 3

LE

MATÉRIEL DE L'EXPLOITATION DES MINES

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1889

PAR

M. F. DUJARDIN-BEAUMETZ

INGÉNIEUR CIVIL
SECRÉTAIRE GÉNÉRAL DE LA SOCIÉTÉ DES MINES DE CARMAUX
SECRÉTAIRE DU COMITÉ CENTRAL DES HOUILLÈRES DE FRANCE
SECRÉTAIRE RAPPORTEUR DE LA COMMISSION (1)

Dans le travail que nous avons l'honneur de présenter à la Société des Ingénieurs civils, nous avons cherché à résumer les progrès récents du matériel de l'exploitation des mines, tels qu'ils avaient été accomplis dans les dix dernières années et tels surtout que les montrait l'Exposition universelle de 1889. Nous nous sommes bornés à décrire, d'une manière aussi succincte qu'il nous a été possible de le faire, le matériel proprement dit : estimant que chacun de nos collègues pourrait trouver dans la multiplicité même et la diversité des engins qui assurent aujourd'hui l'extraction des matières premières un point particulier intéressant soit l'objet ordinaire de ses études, soit le genre d'industrie auquel il s'est adonné.

Nous avons dû nous borner à relater des faits et à fournir des descriptions. Les raisons théoriques et pratiques qui ont conduit à l'adoption des appareils nous eussent entraîné beaucoup trop loin et, dans l'état actuel de la science, chacun des chapitres de ce mémoire aurait pu faire utilement l'objet d'un travail aussi développé que l'ensemble. Ce sont donc les progrès récents du matériel des mines que nous avons cherché à exposer, dans leur généralité.

Au point de vue restreint où nous nous sommes placés, nous avons laissé de côté les questions qui intéressent plus particulièrement le mineur, tels que la recherche et l'étude des bassins miniers et l'exposé des méthodes d'exploitation.

(1) La Commission chargée par la Société de l'étude du matériel de l'exploitation des mines à l'Exposition universelle de 1889 était composée de MM. A. Brüll, président; P. Buquet, vice-président; F. Dujardin-Beaumetz, secrétaire rapporteur; H. Couriot, M.-J. Dorion, L. Dru, J. Euverte, H. Hervegh, E. Lippmann et G. Loustau.

Ce n'est pas que les documents aient manqué à l'Exposition universelle de Paris, où les divers exploitants s'étaient ingéniés à montrer dans leurs plans et reliefs, ainsi que dans des modèles très bien compris, toute l'importance qu'ils attachaient à l'exploitation complète et économique des gîtes et les résultats remarquables auxquels ils étaient arrivés, tant dans les méthodes générales que dans les cas particuliers. Mais il nous a paru que c'était là un point de vue qui formait tout un ensemble qu'il importe de ne pas séparer, et de l'étude duquel nous serions, pour notre part, heureux d'être redevable à l'un de nos collègues.

De la seule description sommaire des progrès récents du matériel des mines, le lecteur verra quel problème difficile et complexe c'est aujourd'hui que l'exploitation d'une houillère, et quelle diversité extrême de connaissances cette dernière exige de l'ingénieur qui en est chargé. Ces difficultés n'iront qu'en s'accentuant, tant en raison du progrès des sciences que des questions économiques et du milieu particulier dans lequel s'exerce l'industrie des mines.

TRANSPORT DE LA FORCE

AIR COMPRIMÉ

Les appareils qui produisent l'air comprimé dans les mines sont bien connus et divers constructeurs se sont ingéniés à en perfectionner les engins.

M. Hanarte, ingénieur civil à Mons (Belgique), exposait le compresseur parabolique de son système.

Les compresseurs paraboliques installés aux mines de Dourges et de Bois-du-Luc, dans les conditions suivantes :

Course des pistons.	1 *m*
Nombre de tours par minute	27 à 40
Pression de la vapeur aux chaudières .	3 *atm*
Pression de l'air comprimé.	3 »

ont donné les conditions de marche ci-après :

Travail brut de la vapeur.

Cylindre à vapeur { diamètre . . . . 0,650 m
{ surface. . . . . 0,3318 m^2

Ressort taré à raison de 0,018 m par kilogramme sur 1 cm^2. . . . .

Longueur du diagramme. . . . . 0,102 m

Surface du diagramme. . . . . 0,0022 m^2

Ordonnée $\frac{0,0022}{0,102}$ . . . . 0,02156 m

Pression en kilogramme par centimètre carré. . . . 1,197 kg

Travail $\frac{3318 \times 1,197 \times 0,90}{75} = 47\ ch\ \frac{6}{10}$.

Travail produit dans le cylindre compresseur.

Cylindre à air { diamètre. . . . . 0,540 m
{ surface. . . . . 0,2290 m^2

Ressort taré à raison de 0,012 m par kilogramme sur 1 cm^2 . . . .

Longueur du diagramme . . . . 0,102 m

Surface du diagramme . . . . 0,001860 m^2

Ordonnée $\frac{0,001860}{0,102}$ . . . . 0,0182 m

Pression en kilogramme par centimètre carré $\frac{0,0182}{0,012}$ 1,516 kg

Travail $\frac{2290 \times 1,516 \times 0,90}{75} = 41\ ch\ \frac{6}{10}$.

La Société Cockerill de Seraing avait installé dans la galerie des Machines un compresseur, système Dubois et François, devant produire par cylindre et par heure 500 m^3 d'air comprimé à la pression de 6 *atm* et à une température ne dépassant pas de 15° celle de l'air ambiant.

Les cylindres compresseurs sont disposés par paires, chacun d'entre eux étant actionné directement par un des cylindres de la machine compound.

Les deux cylindres à vapeur sont placés entre les cylindres compresseurs et un arbre à manivelles calées à angle droit. L'arbre porte un volant placé au milieu de sa longueur.

Pour le bâti des cylindres à vapeur on a adopté le système américain dit à baïonnette, en conservant cependant les guides plates, plus facile à remplacer en cas d'usure.

La pompe à air est commandée par une contre-manivelle.

Le cylindre à haute pression est muni d'une détente Meyer. réglée à la main. Le régulateur n'agit pas sur l'appareil de la détente, de faibles variations de la vitesse étant sans importance; mais sur un papillon, afin de prévenir simplement toute accélération dangereuse pour les pièces de la machine.

Le cylindre à basse pression a un tiroir du système Trichk, permettant une détente assez prolongée de la vapeur, sans course exagérée du tiroir.

Les cylindres compresseurs sont à double effet, les soupapes d'aspiration et de refoulement étant logées dans deux chapelles placées aux extrémités des cylindres.

Les soupapes d'aspiration sont accouplées par paires sur une tige en deux parties, reliées au moyen d'un ressort à boudin qui les ramène sur leurs sièges. Ces soupapes sont d'une forme souvent employée dans les machines soufflantes, à savoir des disques plats garnis de cuir ou de caoutchouc. Les soupapes de refoulement sont en bronze à simple siège.

Les dimensions principales de cette machine sont les suivantes:

Cylindres à vapeur à haute pression diamètre.	0,700 *m*
— — basse pression —	1,150
Cylindres à air, diamètre.	0,600
Course des cylindres.	1,200
Pression de la vapeur	8 *atm*
Révolution par minute.	45
Comprimant l'air à une pression de.	6 *atm*

MM. Maillet et C[ie] ont fourni, en 1889, à la Société des Mines de Carmaux, un compresseur d'air dont les dessins figuraient à l'Exposition. Il est constitué comme il suit, dans ses principaux organes:

Les deux cylindres à vapeur ont 0,650 *m* de diamètre et 1,10 *m* de course.

Une vanne centrale de 0,160 *m* de diamètre règle l'arrivée de la vapeur dans les boites à tiroir de chacun des cylindres.

La distribution de la vapeur dans chacune des boites à tiroir s'effectue par des tiroirs plans sur le dos desquels un excentrique spécial fait mouvoir les barrettes planes de la détente Meyer, variable à la main depuis l'introduction de $\frac{1}{10}$ jusqu'à celle de $\frac{7}{10}$.

Les bâtis de ces machines sont du genre Corliss, mais avec bras reposant entièrement sur le sol.

Les cylindres compresseurs ont 0,550 *m* de diamètre intérieur et 1,10 *m* de course ; les tiges de leurs pistons sont directement attelées aux tiges des pistons à vapeur. L'avant de chacun des cylindres compresseurs est entretoisé à l'arrière des cylindres à vapeur par deux forts tirants, clavetés dans de solides bossages venus de fonte aux couvercles de ces deux cylindres.

Deux soupapes d'isolement de 0,159 *m* de diamètre, placées sur le tuyau de refoulement d'air, permettent d'isoler l'un ou l'autre cylindre compresseur en cas de marche d'un seul côté de la machine.

Les deux soupapes d'aspiration sont levées par un dispositif particulier, dont nous parlons plus loin, et le conduit de refoulement sur le cylindre est muni d'une soupape de sûreté. Un excentrique placé sur l'arbre entre les deux machines actionne une pompe à double effet, dont le débit est fonction de la vitesse de la machine et qui aspire et refoule le volume d'eau nécessaire au moment de l'aspiration des pistons compresseurs.

Un volant de 5 *m* de diamètre, et du poids de 8 000 *kg* en deux pièces, régularise le mouvement de la machine. La vitesse de rotation peut être comprise entre 10 et 50 tours. Le compresseur est capable de fournir 3,37 *m* d'air comprimé à 6 *kg* par minute, à la vitesse de 25 tours.

Le constructeur garantit un rendement des compresseurs en air de 80 0/0.

M. Reumaux a imaginé, il y a quelques années, de provoquer et de maintenir l'ouverture des soupapes de compresseurs au moyen de cames. Les soupapes ne sont abandonnées à l'action des ressorts qu'au moment où elles doivent être ramenées sur leur siège. Les ressorts destinés à déterminer rapidement la fermeture ont en effet l'inconvénient de produire par cela même un étranglement et une diminution de rendement. C'est un dispositif analogue qui a été appliqué par M. Maillet au compresseur de Carmaux.

Plus récemment, M. Reumaux a supprimé les ressorts et renoncé à l'ouverture mécanique. La tige de la soupape, guidée dans un cylindre en bronze relié au siège, est arrêtée dans sa course par une rondelle de caoutchouc maintenue par un écrou. Comme il n'y a pas de ressorts, la soupape ne rencontre aucune difficulté lorsqu'elle doit s'ouvrir et demeure complètement ouverte pendant toute la durée de la course. La fermeture est produite par

une injection d'eau, la buse d'injection étant recourbée à l'intérieur de manière à lancer le jet d'eau contre la face intérieure de la soupape.

MM. Sautter et Lemonnier exposaient le compresseur qu'ils ont construit, avec M. Colladon, pour le tunnel sous-marin.

MM. Ingersoll et Sergeant (de New-York) exposaient un compresseur à disposition horizontale, formé de trois cylindres, un à vapeur et deux à air, avec la disposition compound. Ils sont placés tous trois en prolongement sur le même axe. Une même tige porte les trois pistons dont la course est commune. Les cylindres à air ont des volumes inégaux dont le rapport est de 3 à 1. Le petit cylindre est boulonné directement sur le grand.

Deux volants, reliés par manivelles et bielles à la tige des pistons, régularisent le mouvement.

Il n'y a pas d'injection; l'échauffement est simplement combattu par une circulation d'eau dans les enveloppes des cylindres. L'espace compris entre les deux pistons compresseurs communique librement avec l'atmosphère. Le piston du grand cylindre est percé à sa surface d'une série de trous recouverts par une plaque d'acier pouvant se déplacer en se soulevant sous l'effet de l'aspiration de l'air.

Une conduite rectangulaire fait communiquer la partie antérieure du grand cylindre avec la partie postérieure du petit. Un premier jeu de soupapes existe entre le fond du grand cylindre et la conduite intermédiaire; un second, entre le fond du petit et la conduite du transport.

Lorsque le grand piston vient de fonctionner par aspiration, il comprime l'air, et celui-ci, soulevant les soupapes, passe derrière le petit piston, de sorte que l'air refoulé d'un côté est en quelque sorte aspiré de l'autre. Dans le mouvement inverse, la plaque d'acier du grand piston se soulève et l'air est aspiré dans le grand cylindre, tandis que celui que nous venons de voir pénétrer dans le petit cylindre pendant la course précédente est comprimé une seconde fois et refoulé dans la conduite générale.

Les dimensions principales du compresseur exposé sont les suivantes :

Diamètre du grand cylindre à air. .	0,520 *m*
— du petit cylindre à air . .	0,295
— du cylindre à vapeur. . .	0,355
Course des pistons	0,457
Nombre de tours par minute. . . .	35 à 40
Pression finale.	7 à 8 *atm*

MM. Ingersoll et Sergeant construisent des appareils capables de comprimer l'air à 17 *atm*, et pouvant faire jusqu'à 150 révolutions par minute. La répartition de la compression dans deux cylindres a pour effet de réduire de 22,5 0/0, suivant les inventeurs, la résistance finale que l'on rencontrerait dans un compresseur monocylindrique.

Le nouveau compresseur du système de MM. Burckhardt et Weiss figurait dans diverses sections françaises et étrangères. Le concessionnaire pour la France est le constructeur bien connu de Chalon-sur-Saône, M. Pinette.

Le rendement des pompes à air à soupapes est diminué : 1° par l'influence des espaces nuisibles; 2° parce qu'il n'est possible d'admettre qu'une marche lente avec de telles machines. MM. Burckhardt et Weiss recherchent dans leur compresseur la suppression de ces inconvénients. Une marche rapide est obtenue par l'emploi d'une distribution à tiroir mobile. L'influence des espaces nuisibles est diminuée par un canal qui se trouve coulé dans le tiroir à coquille et met en communication dans sa position moyenne les deux côtés du piston. Cette position moyenne du tiroir se présente à chaque changement de marche du piston. Il en résulte qu'après chaque course l'air comprimé qui se trouvait dans l'espace nuisible devant le piston passe derrière, et est refoulé avec celui qui vient d'être aspiré à nouveau. Dans l'espace nuisible la pression de l'air au commencement de la course est déjà descendue à la tension de l'espace d'aspiration, de sorte que de l'air est immédiatement aspiré. Les recouvrements extérieurs et intérieurs du tiroir sont assez grands pour que, dans son mouvement, le canal de communication soit déjà fermé par la surface de la glace quand les angles extérieurs ou intérieurs des bords du tiroir ouvrent les canaux d'entrée et de sortie de l'air.

Les recouvrements extérieurs et intérieurs sont égaux.

Les canaux d'entrée et de sortie sont ouverts en plein pendant la plus grande partie de la course. Lorsque le piston n'a plus que 1 0/0 de son chemin à parcourir, la largeur de l'ouverture du ca-

nal est encore le quart de la largeur totale. La vitesse du piston et celle de l'air sont à ce moment presque nulles. L'air n'est donc étranglé ni au commencement de l'aspiration, ni au commencement du refoulement.

Pour éviter au moment du changement de course du tiroir de laisser rentrer dans le cylindre à travers les canaux l'air déjà refoulé hors de la boîte à tiroir, on place sur le dos de celui-ci une soupape de retenue. On aurait pu avec quelques complications remplacer cette soupape par un second tiroir sur le dos du premier, s'ouvrant au moment où la pression devant le piston serait montée à tension de l'espace de compression.

La surface du siège et la plaque de retenue portent des rainures qui ne sont pas placées vis-à-vis les unes des autres. Pour une très petite course de la plaque on a donc une grande section d'ouverture.

Les diagrammes relevés montrent que cette soupape est parfaitement étanche et qu'un très faible surcroît de pression suffit pour la soulever. Les ressorts qui la maintiennent ont une force double du poids de la plaque.

L'air est comprimé à sec. Les constructeurs, dans le but d'atténuer la perte de travail due à l'échauffement, ont adopté un mode de refroidissement par eau courante et froide autour du cylindre et des couvercles; ceux-ci, étant débarrassés de tout organe de distribution, ont ainsi une action refroidissante prépondérante sur celle de la surface cylindrique qui diminue sans cesse au fur et à mesure que le piston approche de la fin de sa course. La perte de travail, d'après les expériences faites par les constructeurs, ne dépasse pas plus de 17 0/0.

Deux compresseurs Burckhardt ont été installés à Blanzy, en 1889. Les cylindres à air et à vapeur sont accouplés sur le même arbre moteur. Les dimensions principales sont les suivantes :

		Piston	Tige avant	Tige arrière
Cylindre à vapeur. . .	Diamètres . . .	0,550 *m*	0,070 *m*	0,060 *m*
	Course.	0,600	0,600	0,600
Volume engendré par cylindrée face avant			0,140 241 m^3	
— — arrière.			0,140 854	
Moyenne.			0,140 547	

		Piston	Tige avant	Tige arrière
Cylindre à air.	Diamètres . . .	0,500 *m*	0,070 *m*	0,060 *m*
	Course.	0,600	0,600	0,600
Volume engendré par cylindrée face avant			0,115 501 m^3	
— — arrière.			0,116 113	
Moyenne.			0,115 807	

Les diagrammes relevés sur ces compresseurs indiquent une courbe de refoulement un peu tremblée par suite des battements du clapet de retenue. La chute de pression est restée aussi franche aux allures de 108 tours qu'à celle de 44 tours. La vitesse de régime varie entre 95 et 110 tours par minute.

Les mines de Blanzy sont, croyons-nous, celles de France où l'emploi de l'air comprimé s'est fait sur la plus vaste échelle. On trouvera à ce sujet les renseignements les plus intéressants dans la brochure de son très distingué directeur M. Mathet : *L'air comprimé aux mines de Blanzy.*

Dans le modèle, intéressant à divers points de vue, qu'exposait la Compagnie de Blanzy, l'exploitation était assurée exclusivement par l'air comprimé. On trouvait ainsi condensés les divers emplois de ce précieux engin pour l'abatage, pour le transport, pour l'aérage et même pour l'épuisement.

On ajoutera que pour les travaux de recherches et les travaux préparatoires on peut être conduit à employer des compresseurs portatifs à action directe dont il existe un assez grand nombre de types.

ÉLECTRICITÉ

On conçoit que le transport électrique de la force dans les galeries souterraines au moyen de simples câbles conducteurs se prêtant à toutes les sinuosités des voies et aux déformations des galeries, ait justement préoccupé dans ces dernières années les exploitants des mines. Nous nous contenterons de signaler les applications souterraines faites aux mines, tout en faisant des réserves au sujet de la façon dont pourrait se comporter l'électricité à forte tension en présence du grisou. Cependant il nous sera permis d'ajouter que l'étude de l'électricité est aujourd'hui au nombre des connaissances nécessaires de l'Ingénieur des mines, tant pour les installations du jour que pour celles du fond.

La Spery Mining Machine C°, de Chicago, exposait une haveuse agissant par percussion et actionnée par une petite dynamo.

Des essais ont donné les résultats suivants :

Force motrice à la surface	2,55 *ch*
Force électro-motrice à la surface. .	80 volts
Intensité du courant.	20 ampères
Longueur du circuit	1 060 *m*

Perte dans la ligne	2,25 volts
Force fournie à l'outil	1,73 *ch*
Rendement.	80 0/0

M. Taverdon a fait quelques tentatives dans ce sens avec sa perforatrice à couronne de diamant.

M. Tedesco a également cherché à appliquer une commande électrique aux perforateurs à vis Fontan et Tedesco. La haveuse Lechner a été appliquée dans une houillère du comté de Clarfield en Pensylvanie; le moteur, du système Sprague et d'une puissance de 10 chevaux, est porté par un truc établi sur rails; son poids est de 450 *kg*; il est relié à l'outil par un câble d'une longueur de 10 *m* et fonctionne à une distance de la dynamo génératrice qui peut atteindre jusqu'à 500 *m*. Un seul moteur peut faire le service de 3 haveuses opérant successivement, ce qui permet un travail continu. M. Bornet fait également fonctionner ces perforatrices par l'intermédiaire d'un câble flexible commandé par une dynamo.

La haveuse Bower Blackburn et Mori reçoit son mouvement d'un moteur électrique installé sur le même bâti et d'une force de 8 à 9 chevaux. Ce moteur est relié par des conducteurs flexibles à une dynamo qui fait 800 tours à la minute.

M. Chansselle, ingénieur principal de la Société des houillères de Saint-Étienne, rappelle, dans son rapport présenté au Congrès international des mines et de la métallurgie, les diverses applications de l'électricité au transport de la force motrice dans les mines.

En mai 1881, la Société des houillères de Saint-Étienne installait au puits Thibaud un treuil électrique pour l'extraction dans un petit bure intérieur de 30 *m*.

L'installation au jour comprenait une machine à vapeur horizontale (diamètre du piston 0,180 *m*, course 0,320 *m*) et une machine Gramme, type A. Deux câbles conducteurs de 250 *m* de long, formé de 16 fils de cuivre rouge de $\frac{11}{10}$ de millimètre, reliaient la génératrice à la réceptrice. Celle-ci tournait toujours dans le même sens. Le changement de marche était obtenu au moyen d'un manchon d'embrayage et de deux pignons coniques. En marche normale, le treuil montait une charge utile de 500 *kg* de charbon en 3 minutes à 24,50 *m* de hauteur, ce qui représente 0,9 chevaux, la machine réceptrice faisant 1 300 tours, et la génératrice 1 800. La machine à vapeur développait 3,6 chevaux, ce qui fait un rendement brut de 25 0/0.

Vers la même époque on installait aux mines de la Péronnière deux treuils à 400 *m* de profondeur : le premier est placé à la tête d'une descente de 105 *m* de longueur, qui sert à élever les charbons d'une hauteur verticale de 40 *m*, il est à 1 200 *m* de l'orifice du puits; le second est à 1 500 *m* de cet orifice et entraîne dans son mouvement un câble en acier portant une cage et un contrepoids : la profondeur de ce bure est de 26 *m*. Cette installation a rendu et continue à rendre de très bons services; les résultats suivants ont été obtenus :

Travail de la vapeur par seconde . .	3 294 *kgm*
Travail utile par seconde.	939
Rendement.	0,285

M. de Bovet a bien voulu nous donner des renseignements inédits sur le treuil d'extraction qu'il a installé à la mine d'or de Faria (Brésil). Ce treuil utilise la force motrice d'une chute d'eau transmise à distance après transformation en énergie électrique. A l'une des extrémités de la ligne, la génératrice est commandée, au moyen d'une courroie sans fin en coton, par une turbine à axe horizontal. Cette turbine utilise une chute d'eau de 12 *m;* elle a 0,70 *m* de diamètre et donne 20 chevaux à la vitesse de 225 tours.

La distance de la génératrice à la réceptrice est d'environ 1 600 *m*. Ces deux machines sont des dynamos Gramme identiques, ce qui donne l'avantage de pouvoir remplacer indifféremment l'une ou l'autre, en cas d'avarie, avec une seule machine de rechange.

Les conditions de marche sont les suivantes :

Puissance disponible sur l'arbre de la réceptrice.	10 chevaux
Différence de potentiel aux bornes de la génératrice	330 volts
Intensité du courant	33 ampères
Vitesse de la génératrice	900 tours
Vitesse de la réceptrice.	650 tours
Résistance des conducteurs pour 3 600 *m* aller et retour	1,8 ohm
Rendement entre les arbres de la génératrice et de la réceptrice	55 à 58 0/0
Poids de la dynamo	1 300 *kg*

La ligne est formée d'un câble de 36 fils de cuivre de 1 *mm* de section. Il y passe donc moins d'un ampère par millimètre carré.

Elle est portée par des isolateurs en porcelaine fixés à des poteaux de bois.

L'arbre de la réceptrice porte un pignon en acier qui attaque le premier arbre du treuil par l'intermédiaire d'une roue à dents de bois. On a voulu éviter toute manœuvre sur les appareils électriques, aussi ce premier arbre tourne comme la réceptrice toujours dans le même sens et porte deux boîtes d'embrayage à ressorts, système Mégy. Ces boîtes contiennent l'une deux, l'autre trois roues et transmettent par suite le mouvement dans un sens ou dans l'autre. L'installation comprend en outre un rhéostat qui peut se fractionner : il est relié au levier du treuil, en sorte que la résistance est introduite dans le circuit chaque fois que le mécanicien débraye. Cette disposition jointe au régulateur empêche tout emballement de la machine.

Le treuil dans ces conditions peut lever une benne contenant 450 *kg* de minerai avec une vitesse de 1 *m* par seconde.

Nous devons encore citer le treuil électrique de 10 chevaux installé à New-Stassfürt en 1886, puis les diverses installations et essais faits à la Chapelle-sous-Dun (Saône-et-Loire), au Moncel-Sorbiers et à Saint-Chamond (Loire), aux mines de Blanzy, où deux machines Gramme ont actionné un ventilateur et une pompe centrifuge Dumont.

La Compagnie des mines d'Anzin vient également d'appliquer l'électricité à un treuil destiné à l'extraction en vallée, sur lequel nous donnerons quelques détails.

Il y a deux moyens simples *a priori* pour produire le changement de marche :

1° Solution mécanique. Le moteur électrique tourne toujours dans le même sens et le changement de marche se fait mécaniquement.

2° Solution électrique. Le moteur est muni de quatre balais dont deux sont amenés successivement en contact avec le collecteur. La manœuvre de ces quatre balais nécessite des leviers délicats; en outre, pour éviter des étincelles et aussi pour ne pas avoir un changement brusque de marche, il faut avoir soin d'intercaler successivement des résistances dans le circuit avant le changement des balais.

Cette manœuvre est compliquée et délicate.

On a imaginé à Anzin un troisième système. L'appareil de changement de marche est indépendant et intercalé dans le circuit. Il consiste essentiellement en un levier pouvant décrire une demi-

circonférence autour d'un axe horizontal. Les deux extrémités de cet axe sont mises en communication d'une part avec les deux balais de la réception, d'autre part avec une série de touches correspondant à des résistances variables et graduées.

Lorsque le curseur est au milieu, position verticale, il se trouve sur deux touches de repos qui sont complètement isolées; on est au point d'arrêt. Lorsque l'on fait avancer le levier dans un sens, on met le courant sur la réceptrice, d'abord avec une grande résistance en circuit, résistance qui diminue jusqu'à devenir nulle à mesure que le levier avance vers la fin de sa course.

Lorsqu'on ramène le levier en sens contraire, on commence par introduire des résistances dans le circuit jusqu'au point d'arrêt, puis on continue le mouvement du levier et le sens du courant se trouve changé aux balais.

EAU

Pour approfondir un siège d'extraction, la Société anonyme des houillères de Montrambert et de la Béraudière se propose d'utiliser les eaux qui descendent dans la mine du niveau 356 au niveau 406. La préparation du nouvel étage sera commencée par le creusement du travers banc relié provisoirement au niveau 406 par une descente armée. Le débit utilisable des eaux est de 8 *l* par seconde. Pour une chute verticale de 50 *m* et en supposant un rendement pratique de 40 0/0, le travail sera de 13 860 000 *kg* par vingt-quatre heures. Pour extraire de 50 *m*, pendant le même temps, 250 bennes de remblais et d'eau d'un poids de 900 *kg*, il faut un travail de 11 250 000 *kgm*, la quantité d'eau sera donc largement suffisante.

Le récepteur hydraulique choisi est une turbine construite par MM. Crozet, Fourneyron et Cie. Elle a 0,66 *m* de diamètre et fait 600 tours par minute. Elle est réversible et constitue en quelque sorte deux turbines à aubes opposées de manière à pouvoir renverser le sens du mouvement de rotation à l'aide d'une vanne.

Le réservoir d'eau qui alimentera la turbine a été creusé dans une couche de houille; il a une section de 4 m^2 et une longueur de 50 *m*, soit 200 m^3 de capacité.

La conduite plonge dans ce réservoir et forme siphon; un clapet de retenue la termine de ce côté; le maximum de hauteur d'aspiration est de 2,50 *m*; le siphon s'amorce très facilement à l'aide d'une pompe à bras.

Cette conduite de 0,16 *m* de diamètre intérieur peut débiter 23 *l*

par seconde avec une vitesse de l'eau de 1,15 *m* et une perte de charge de 0,012 *m* par mètre courant. Deux clapets de sûreté devant se fermer sous l'action d'une vitesse excessive de l'eau préviennent tout danger d'inondation en cas de rupture de la conduite.

La descente creusée avec une pente moyenne de 30° est armée d'un tourniquet qui reçoit le mouvement de la turbine au moyen d'une chaîne de Galle et de deux roues dentées fixées l'une sur l'arbre du tourniquet, l'autre sur l'arbre de la roue hélicoïdale actionnée directement par la turbine. Le diamètre des roues dentées étant le même et celui de l'enroulement des câbles sur le tourniquet étant de 0,80 *m*, la vitesse de marche des bennes dans la descente se trouve être de 1 *m* par seconde.

Aux mines de Thivencelles et Fresnes-Midi, on a armé une descenderie de deux turbines tournant en sens inverse et recevant l'eau alternativement. De cette façon, l'une tourne en travaillant pendant que l'autre reste folle et l'on peut adopter la poulie simple des têtes de plans inclinés ordinaires. La turbine remonte 200 berlines en dix heures; elle est alimentée par une chute d'eau de 60 *m* et 3 *l* par seconde.

Pour utiliser les chutes d'eau qui se rencontrent fréquemment dans les mines, M. Pinette a construit un treuil hydraulique qui figurait à l'Exposition. Le mouvement est donné par quatre cylindres accouplés deux à deux.

Deux cylindres conjugués, ayant leur axe en prolongement l'un de l'autre, reposent par un de leurs fonds sur un gros tourillon autour duquel ils peuvent recevoir un mouvement d'oscillation. Les fonds des cylindres ne recouvrent que deux secteurs diamétralement opposés de la surface du tourillon; les deux autres sont recouverts par des secteurs annulaires faisant corps avec les cylindres et communiquant avec les fonds restés libres.

La surface cylindrique du tourillon, à l'intérieur duquel arrive l'eau sous pression, est percée de plusieurs lumières. Lorsque les cylindres qui oscillent autour du tourillon sont dans l'une de leur position extrême, les lumières qui se trouvent contre le fond des cylindres sont ouvertes, les autres fermées, et les deux pistons s'éloignent ensemble.

Lorsque les cylindres occupent l'autre position extrême de l'oscillation, la communication est renversée et les deux pistons se rapprochent ensemble.

L'échappement de l'eau se fait par des orifices à section en V

ménagés sur les contours du tourillon distributeur et dont le jeu est évidemment inverse de celui des lumières. Les tiges des pistons sont directement attachées aux tourillons excentrés des roues d'engrenage qui actionnent le treuil, et les cylindres reçoivent ainsi le mouvement d'oscillation nécessaire à la distribution.

Une vanne permet d'envoyer l'eau sous pression dans le tuyau qui servait précédemment à l'échappement : le jeu du tourillon est inversé et l'eau sous pression arrive par les ouvertures en V et sort par la partie centrale ; par suite, le changement de marche est obtenu.

Comme cas particulier de transmission de force, nous citerons les deux exemples ci-après :

Aux houillères de Montchanin (Saône-et-Loire), on a utilisé, pour le transport de la force motrice, du jour aux pompes souterraines, un câble télédynamique.

La poulie à gorge, actionnée par le câble, attaque l'arbre coudé des manivelles des pompes, au moyen de deux jeux d'engrenage ralentissant le mouvement. Un tendeur à poids constant rachète l'allongement du câble et assure son adhérence sur la poulie. La vitesse du câble est de 22,60 *m* par seconde.

Aux mines de Veyras (Ardèche), la transmission a lieu par l'interposition d'une colonne d'eau.

SONDAGES

Dans la section française, trois maisons, celles de MM. Lippmann et Cie, Arrault et Hulster et fils, montraient par des expositions très complètes et par de nombreux modèles tout l'ensemble de leurs appareils, tant pour les sondages à faible profondeur que pour ceux à grande profondeur.

M. Arrault avait fait figurer une installation en vraie grandeur pour sondage à 200 *m*, et on remarquait dans l'exposition de M. Lippmann de grands trépans pour puits de mine de 4,40 *m* de diamètre munis de cinq lames en forme de double Y.

Les perfectionnements apportés en France dans l'outillage des sondages sont aujourd'hui classiques et nous n'y reviendrons pas.

La Société agricole et industrielle de Batna et du Sud-Algérien a fait construire par la maison Lippmann et Cie un matériel de sondage portatif appelé à rendre de grands services dans les régions d'un accès difficile. Les différentes pièces du chevalet, tous les outils et les accessoires peuvent être transportés à dos par les bêtes de somme. On a pu exécuter au nord du Sahara, avec ce matériel, des trous de sonde de 120 *m* de profondeur après avoir parcouru 170 *km* dans un pays privé de toute voie de communication.

L'intéressant fac-similé d'un de ces puits, ainsi que des collections d'eaux, de terrains, de poissons et de coquillages se trouvaient à l'esplanade des Invalides.

M. Didion (Belgique) exposait une sonde portative (système Van der Broeck et Rulot) pour la reconnaissance rapide des terrains.

Le sondage à tiges creuses et à courant d'eau, système Fauvel, rend de grands services tant par sa rapidité et son bas prix de revient que par la simplicité de son appareil. Il est employé tant à l'intérieur qu'à l'extérieur. M. Przibilla, Ingénieur à Cologne, a apporté quelques modifications dans le jeu des pompes qui refoulent l'eau dans les tiges creuses et dans la combinaison du joint à chute libre avec le mécanisme de rotation du trépan.

Dans le système Fauvel perfectionné par M. Raveaud, l'outil n'est pas relié aux tiges d'une manière absolument rigide, seul il reçoit le battage qui est donné au moyen d'un marteau suspendu à l'extrémité d'un câble et coulissant le long des tiges. Celles-ci servent donc seulement à guider l'outil et à lui imprimer après chaque coup de marteau un léger mouvement de rotation. Il est possible avec ce système de remonter l'outil sans toucher aux tiges.

MM. Deutsch exposaient avec détails le matériel de forage, de création américaine, employé par eux pour l'exploitation des pétroles du Caucase. L'atelier du puits se compose d'un derrick, charpente en bois au sommet de laquelle est montée une poulie où passe le câble qui permet de descendre et de remonter la tige de sonde. Des constructions sommaires abritent la machine à vapeur qui, par l'intermédiaire d'une grande poulie-volant, commande les différents appareils mécaniques, le balancier pour le battage du trépan, le treuil de service de la pompe à sable, le treuil de levage pour la manœuvre de la tige de sonde. La tige de sonde américaine se compose d'un trépan à la partie inférieure, et au-dessus, d'une allonge de 8 à 9 *m* de longueur, des étriers ou glis-

sières, d'une allonge semblable à la précédente, mais moins longue, et de la fourchette d'attache, par laquelle la tige est reliée au câble du treuil de levage. Pour les gisements peu profonds, la tige de sonde est menée directement par ce câble. Si on descend plus bas que 80 *m*, on équipe la tige de sonde complète et le battage du trépan s'effectue au moyen du balancier par l'intermédiaire de la vis d'avancement. Cette exposition rappelait en même temps les grandes canalisations dites pipes-lines de la Pensylvanie et du Caucase.

M. Syroczynsky a présenté au Congrès des mines et de la métallurgie une note sur le procédé de forage, appelé canadien, aujourd'hui très employé pour l'exploitation du pétrole dans la Galicie autrichienne.

Le trépan est vissé par une vis conique à la tige de surcharge longue de 6 à 9 *m;* le poids total varie de 600 à 750 *kg*. Il est suspendu au moyen d'une coulisse d'Oyenhausen à une série de tiges en bois de frêne (0,050 *m* de diamètre) attachée au moyen d'une chaine à un levier de battage. Cette chaine est enroulée trois fois sur la tête du balancier, armée à cet effet d'une pièce cylindrique en fonte, avec des rainures en spirales, puis attachée à un treuil placé sur le balancier même. Le maitre foreur met le treuil en mouvement au moyen d'un encliquetage et peut ainsi allonger ou raccourcir la chaine. Pour descendre ou monter le trépan, la tige détachée du balancier est supportée par une corde en aloès de 45 *mm* de diamètre enroulée sur un tambour. Au battage, le balancier est enlevé de 50 *cm* environ et donne 50 à 60 coups par minute. La cuillère pour enlever les déblais est un tuyau de 10 *m*, muni d'un clapet à la partie inférieure. Il faut à peine une demi-minute pour détacher une tige de sondage et un système de tiges de 200 *m* est remonté ou descendu en dix à douze minutes.

Le trou dont le diamètre initial varie de 0,25 *m* à 0,40 *m*, et que l'on termine avec le diamètre de 0,10 *m*, est soutenu et préservé de l'éboulement par une colonne de tuyaux en fer vissés l'un sur l'autre.

Les dessins exposés par la Compagnie des mines de Lens montraient les grands services qui lui ont été rendus par un sondage exécuté sous la direction de M. Reumaux. Une venue d'eau très considérable s'étant déclarée brusquement dans un puits de recherche intérieur, tous les travaux d'un étage ont été inondés. Le raccordement des plans du fond et de la surface a permis de forer un trou de sonde exactement au-dessus du puits intérieur. Le

béton et le ciment coulé dans le trou de sonde ont aveuglé les sources. Les pompes ont pu dès lors épuiser les eaux et permettre de rentrer dans la mine.

On sait tout l'intérêt que produit l'indication de la direction des couches géologiques par les témoins du sondage.

M. Reumaux a fait remarquer dans le Bulletin de la Société de l'Industrie minérale qu'il est préférable de remplacer les tiges vissées supportant l'arrache-témoin par une série de tubes portant des repères sur les brides d'assemblage. La suite de ces repères forme sur la colonne des tubes une ligne parfaitement droite dont on peut noter l'orientation au jour; on relève ensuite celle du témoin arraché par rapport au tube inférieur.

Un autre procédé consiste à descendre sur le témoin une boîte en cuivre garnie de mastic. Une boussole est fixée à la partie supérieure de celle-ci : avant de les remonter l'aiguille aimantée est immobilisée dans sa position d'équilibre au moyen d'un dispositif spécial. La comparaison au jour du témoin, de l'empreinte et de la boussole donnera la direction des couches.

FONÇAGE

FONÇAGE A NIVEAU PLAT

Le modèle du puits Combe en fonçage, exposé par la Société des mines de Roche-la-Molière et Firminy, représentait, dans sa partie inférieure, le chantier de fonçage avec soutènement provisoire des parois au moyen de cercles en fer ; dans sa partie moyenne, le système de construction des recettes intérieures avec pieds-droits en maçonnerie, poutrelles en fer à double T et garnissage en béton ; dans sa partie supérieure, le chantier de muraillement avec plafond à deux étages et à pattes de sûreté.

Un élégant modèle exposé par la Société des mines de la Loire montrait aux visiteurs l'approfondissement d'un puits d'extraction par fonçage sous demi-stot.

Ce mode de travail a été exécuté par M. Du Rousset pour augmenter de 300 *m* la profondeur d'un puits de **220** *m* sans arrêter

ni ralentir l'extraction. L'une des cages continuait sa descente normale, l'autre s'arrêtait à 50 *m* du fond, le tambour de l'une des bobines ayant été augmenté. Sur cette hauteur de 50 *m*, la moitié du puits devenu libre fut complètement isolée par une cloison et un solide plafond. Après un approfondissement de quelques mètres dans cette chambre, il était facile de s'élargir sous le demi-stot conservé, le fonds du puits étant arrêté dans un banc de grès dur et compact. L'extraction des déblais du fonçage était faite jusqu'au niveau 220 par une machine installée au jour. Les câbles en acier descendaient jusqu'au plafond derrière les moises du guidage et étaient à ce niveau ramenés à l'aplomb convenable par des poulies de renvoi.

M. J. Badion, pour construire plus rapidement le revêtement en maçonnerie d'un puits, emploie comme gabarit un cintre mobile en fer que l'on peut élever bien verticalement grâce au mode de suspension. Cet appareil, employé d'abord pour faciliter la pose des briques, a permis de faire le revêtement entièrement en béton. La hauteur du cintre est de 1 *m*. On le relève seulement de 0,90 *m*. Les assises, qui cessent d'être maintenues, doivent avoir fait prise assez complètement pour ne point céder sous les efforts du pilon ou de la charge.

On emploie parfois aujourd'hui pour le muraillement des puits, soit un revêtement métallique complet, soit un système de cadres en fer dont les intervalles sont garnis par des madriers en chêne.

FONÇAGE A NIVEAU PLEIN

Le procédé Kind et Chaudron n'a pas cessé depuis dix ans de recevoir de nombreuses applications. Sa description n'est plus à faire, mais nous devons citer quelques perfectionnements.

Dans la descente du cuvelage du puits n° 2 des Charbonnages du Nord du Flénu, on a placé deux faux fonds, l'un près de la base du cuvelage, et l'autre 75 *m* plus haut. Le premier n'a donc supporté que la charge des cinquante premiers anneaux avant d'être aidé par la résistance du second. On évite ainsi les fuites occasionnées dans le faux fond par un trop grand travail.

La modification apportée au fonçage du puits n° 2 de Gneisenau (Westphalie) crée véritablement un nouveau procédé. Une partie du puits seulement, entre 200 et 243 *m* de profondeur, a été cuvelée, ce qui apporte une économie considérable. La colonne de cuvelage est fermée en haut comme à la partie inférieure et l'on

n'y introduit que la quantité d'eau nécessaire pour la faire arriver doucement au fond. Une soupape permet de faire entrer l'eau du puits dans le cuvelage à la fin de l'opération, et la boîte à mousse se comprime régulièrement. Des cordes en fil de fer attachées au tronçon inférieur, du côté extérieur, servent de guides pour la descente des cuillères à bétonner. Pour la sécurité on allonge le cuvelage de quelques mètres à la partie supérieure, puis on le termine par un picotage pour bien isoler les terrains aquifères.

La descente des cuvelages dans les terrains ébouleux et aquifères a reçu différentes solutions. A Trazegnies, la Société de Bascoup a enfoncé à niveau plein des colonnes de cuvelage de fonte de 4,25 *m* de diamètre intérieur, munies à la partie inférieure de trousses coupantes. On a dû, pour déterminer l'enfoncement, employer des vis de pression. Celles-ci prenaient leur point d'appui sur un échafaudage très solide, établi au-dessus de l'ouverture du puits et lesté par une quantité de fonte brute dont le poids était à la fin de l'opération de 450 000 *kg* : cette charge énorme était alors entièrement soulevée et la pénétration se faisait dans le terrain houiller sous un effort de 650 000 *kg*, y compris le poids du cuvelage.

M. Chavatte, directeur de la Compagnie de Crespin, n'a pas voulu recourir à ces charges extrêmes pour le creusement du puits de Quiévrechain. Il a préféré l'emploi d'une sorte de dragueuse à axe vertical pour déterminer l'enfoncement d'un cuvelage en fonte, armé, comme à Trazegnies, d'une trousse coupante. Les bras horizontaux de la dragueuse portent à leur extrémité des râteaux et des lames d'acier qui divisent le terrain et le soulèvent. permettant ainsi aux déblais de pénétrer dans des sacs de toile, maintenus ouverts par des cadres métalliques formant les poches de la dragueuse. Tout en travaillant à niveau plein, cet appareil n'enlève donc que le terrain auquel on le fait s'attaquer, l'eau sortant des sacs au travers des mailles de la toile. Il n'y a pas d'affouillements possibles et le niveau statique ne baisse même pas à la sortie des sacs, si on a soin de faire pomper dans le cuvelage un volume d'eau équivalent à celui du terrain enlevé. Quand les terrains ont une certaine plasticité, on peut même remettre assez d'eau dans le cuvelage pour en conserver toujours une surcharge de 1,50 *m* à 2 *m*, qui s'opposera encore bien davantage aux affouillements.

La boîte à mousse semble perdre un peu de la faveur qui lui avait été d'abord accordée. Elle constitue certainement un excel-

lent picotage lorsqu'elle peut fonctionner régulièrement; mais il lui arrive souvent de se déchirer avant d'arriver en place. Aussi M. Brun, ingénieur des mines de l'Escarpelle, a supprimé sans hésitation cet appareil, suivant en cela l'exemple déjà donné par M. Bourg, directeur des mines de Bois-du-Luc (Belgique) et par M. Chavatte. Par suite de cette suppression le bétonnage acquiert une plus grande importance et demande plus de soins. Sa bonne exécution et la qualité des matériaux employés garantissent seules le cuvelage contre toute infiltration des eaux. M. Brun a aussi supprimé, comme M. Bourg, le faux fond et la colonne d'équilibre du procédé Kind et Chaudron. La Compagnie des mines de l'Escarpelle exposait un modèle réduit du cuvelage exécuté sous la direction de M. Brun et terminé en avril 1885.

FONÇAGE PAR CONGÉLATION, PROCÉDÉ PŒTSCH

Solidifier complètement les terrains inconsistants que l'on doit traverser et y construire un cuvelage très résistant et parfaitement étanche. telle est en quelques mots l'exposé de cette nouvelle méthode qui d'après son inventeur, doit permettre le percement de tous les puits ou galeries à travers les terrains mouvants et aquifères et la reprise de tous les fonçages que l'on avait dû abandonner. Le procédé consiste à disposer sur une circonférence extérieure et concentrique à la section du puits en creusement une série de tubes verticaux, fermés à la base, équidistants les uns des autres, qui traversent la couche aquifère et pénètrent dans les couches sous-jacentes ; au centre de chacun de ces tubes sont placés d'autres tubes, de moindre diamètre, ouverts aux deux extrémités. Un liquide convenablement refroidi descend par ces derniers et remonte par les espaces annulaires compris entre les deux parois métalliques en abaissant la température du terrain.

Les zones congelées se soudent les unes aux autres en s'agrandissant, et transforment en un bloc de glace le terrain où doit se trouver le puits. Dès lors, on n'a plus qu'à effectuer le fonçage d'après les moyens ordinaires. Les ouvriers ne travaillent qu'au pic ou à l'aiguille; l'ébranlement qui résulterait d'un coup de mine pourrait disloquer la masse solidifiée et briser les tubes de circulation.

Le liquide employé par M. Pœtsch est une solution de chlorure de calcium à 21° Baumé, refroidie au jour par l'évaporation de l'ammoniaque liquide.

La première expérience de M. Pœtsch, faite avec succès dans la concession de Douglas (Cercle de Magdebourg), en 1883, a donné lieu à de vives discussions. Inconvénients de la basse température pour les ouvriers et pour la prise du ciment, difficulté de produire une quantité de froid suffisante pour la traversée de couches aquifères puissantes, telles étaient les principales objections.

Mais, diverses applications ont été faites depuis. La température au fond des puits se trouve être seulement de 1° ou 1° 1/3 au-dessous de zéro. Les ciments prompts ont donné de bonnes prises, sans que l'on soit obligé d'y mélanger du sel, comme on l'avait proposé pour retarder la congélation de l'eau ; enfin, le fonçage du puits, de 5 *m* de diamètre, de Jessenitz, en Mecklembourg, à travers une couche aquifère de 75 *m* de hauteur, a montré que la méthode de M. Pœtsch devait bien prendre rang parmi les procédés de l'industrie.

ESSAIS DE FONÇAGE A L'AIDE DE L'EAU

Dans les grands travaux du port de Calais, la fondation des quais, formée de puits isolés en maçonnerie, a été exécutée d'une manière fort originale, qui rappelle par certains côtés le procédé dit à trousse coupante.

La maçonnerie a été élevée directement sur le fond des fouilles, et le fonçage effectué huit jours après son achèvement.

La descente a été obtenue au moyen de simples courants d'eau qui, en désagrégeant le sous-sol sableux, le mettaient en suspension et l'entrainaient en dehors. Les lances, amenant l'eau sous pression, étaient disposées verticalement à l'intérieur de la maçonnerie. Une pompe centrifuge, dont la crépine était au centre du puits, épuisait en même temps l'excès des eaux. M. Ludovic Breton propose d'appliquer ce système pour le fonçage des puits de mines à travers les sables ébouleux.

M. Haase est l'auteur d'un procédé à niveau vide qui consiste à faire précéder le creusement du puits par un revêtement composé de tuyaux en fer reliés entre eux par une armature de fer cornier et simple T.

On installe deux cadres servant à guider les tubes. Ceux-ci sont munis à leur extrémité inférieure de sabots coupants. Le creusement a lieu à l'aide d'un courant d'eau produit par un pulsomètre. L'eau est conduite jusqu'au sabot des tubes de revêtement par un tuyau inférieur de diamètre moitié moindre. Dans les terrains

boulants la force vive de l'eau suffit pour délayer les sables et les faire remonter dans l'espace annulaire. Dans les terrains plus durs on peut battre le trépan auquel le tuyau sert de tige ou lui communiquer un mouvement de rotation avec rodage.

Lorsque les tubes de revêtement, dont la longueur est de 4 à 6 *m*, et qui peuvent être allongés par une nouvelle série de tubes, ont rencontré une couche imperméable, on peut opérer le déblaiement.

On a traversé ainsi des couches de 24 *m* de sable. (Mine Guerrini près de Vestcham).

EXTRACTION

MOTEURS D'EXTRACTION

La Société anonyme de Marcinelle et Couillet exposait une machine horizontale, à deux cylindres conjugués, de 1 200 chevaux, destinée à l'extraction du charbon à 1 000 *m* de profondeur.

La distribution de vapeur se fait au moyen de quatre soupapes équilibrées. Le mécanisme de distribution, avec détente du système de M. Lelong, ingénieur-régisseur de la Société de Couillet, est commandé par deux poulies excentriques communiquant le mouvement d'oscillation par l'intermédiaire d'une coulisse de changement de marche au plateau de distribution qui porte quatre bielles. Les deux bielles inférieures attaquent directement les soupapes d'échappement, les deux bielles supérieures commandent les soupapes d'admission par des axes secondaires. Une vis avec sonnerie commande, en cas d'inadvertance du mécanicien, un évite-molettes qui, en serrant le frein à vapeur et fermant l'admission, produit l'arrêt instantané de la machine. Le frein est à mâchoires, commandé par un balancier double qui reçoit son mouvement, soit d'un cylindre à vapeur vertical, soit d'une vis avec volant à poignées. Outre ces deux appareils, la machine est encore pourvue d'un frein à déroulement et à contrepoids, destiné à provoquer l'arrêt en cas d'accident, si le frein à vapeur ne fonctionnait pas.

Les dimensions principales de la machine sont les suivantes:

Diamètre des cylindres à vapeur	1,050 *m*
Course des pistons	1,600 *m*
Diamètre du cylindre de frein	0,400 *m*
Course du piston du frein	0,500 *m*
Diamètre de l'arbre.	0,500 *m*
Diamètre extérieur des bobines.	8,000 *m*
Distance d'axe en axe des machines . . .	6,000 *m*

M. Tripier, ingénieur à Anzin, a fait breveter, en 1884, un excentrique sphérique donnant très simplement le changement de marche et la détente variable. Cet appareil constitue un système idéal de deux leviers d'équerre E O S. L'axe du milieu O le rend solidaire du mouvement de rotation de l'arbre moteur; une de ses extrémités S est une portion de sphère ; l'autre extrémité E, sur laquelle on agit par un intermédiaire, transmet au centre de la sphère le déplacement qu'elle reçoit. On fixe cette extrémité au point voulu sur la droite qui joint ses positions extrêmes. Si le point S, centre de la partie sphérique, est en coïncidence avec l'axe de l'arbre, l'excentrique qui commande le tiroir reste immobile. Si le centre étant au-dessus de l'axe, on l'amène à une position symétrique inférieure, l'angle de calage varie de 180° : on obtient donc le changement de marche. On peut de même, par un déplacement du point E, faire varier l'angle de calage et obtenir ainsi la détente variable. La vis qui commande l'extrémité E du levier peut se manœuvrer à la main ou automatiquement par la machine.

La Compagnie des Mines d'Anzin exposait un de ces excentriques ayant fonctionné nuit et jour, depuis juillet 1885, sur une machine d'extraction de 300 chevaux. Sa conservation est parfaite.

M. Maillet, d'Anzin, a construit pour la Société des Mines de Carmaux une machine d'extraction dont les dessins figuraient à l'Exposition. Elle est à deux cylindres conjugués, bâti à baïonnette et distribution par tiroirs plans.

Les conduits de distribution sont réduits au minimum, et la partie inférieure des lumières se trouve en contre-bas des cylindres, de manière à faciliter l'écoulement des eaux de condensation. Le changement de marche à levier se manœuvre très facilement à la pression de 4 *kg*.

Diamètre.	0,650 *m*
Course des pistons . .	1,600 *m*

Contrôle des machines d'extraction. — Pour contrôler la vitesse des machines d'extraction, M. Simon, ingénieur divisionnaire de

la Compagnie des Mines de Liévin, a fait construire un appareil analogue aux chronotachymètres employés sur les locomotives, L'axe d'une des molettes communique, par un engrenage, son mouvement à une came. Celle-ci, à intervalles réguliers, correspondant à 10, 20, 30 *m* de parcours dans le puits, établit un contact entre deux lames métalliques ; ce contact transmet un courant électrique dans le récepteur qui trace chaque fois un trait vertical sur une bande de papier animée d'un mouvement horizontal uniforme. On peut ainsi contrôler rigoureusement le service de l'extraction.

Régularisation de l'extraction. — Pour obtenir l'équilibre des câbles dans les extractions à grandes profondeurs, la Société des Mines d'Aniche emploie un tambour spiraloïde dont elle a exposé le modèle à échelle réduite. En voici les données principales :

Diamètre initial de la partie spiraloïde	5,000 *m*
Diamètre de la partie cylindrique	8,250 *m*
Diamètre des cylindres.	0,850 *m*
Course des pistons	1,600 *m*

Un tour de tambour fait parcourir à la cage 26 *m*. La machine motrice est à deux cylindres conjugués et détente variable par le régulateur.

Dans la disposition Kœpe qu'on a préconisée en Westphalie et aussi en Belgique, le câble est équilibré par un autre câble formant avec lui chaîne sans fin. Il est bon de prendre une disposition pour que le câble d'équilibre tire, non pas sur la cage, mais directement sur le câble d'extraction. M. Kœpe a remplacé l'enroulement par le simple passage du câble sur une poulie à gorge triangulaire (6 *mm* de diamètre) : l'adhérence est suffisante pour éviter tout glissement.

Cette poulie étant verticale, les deux brins du câble sont dans un même plan vertical. Pour éviter la tendance du câble à sortir de la poulie, on ne place pas les deux molettes à la même hauteur sur le chevalement, ou bien on ramène les deux brins dans le plan de la poulie au moyen de deux galets. En cas de rupture, tout le système, cage et câble, tombe au fonds du puits. On a imaginé des dispositions spéciales de parachute. Un câble de sûreté passe sur des molettes dont les paliers reposent sur des ressorts. En marche normale le câble de sûreté suit le mouvement sans travailler. Si le premier câble vient à se rompre, il entre en action,

fait fléchir les molettes à ressort qui viennent s'appuyer contre un frein, ce qui arrête le mouvement de descente.

Treuils. — On tend à armer les puits d'un treuil de secours en cas d'accidents.

Le treuil à vapeur de la Société de Marcinelle et Couillet repose sur un chariot à quatre roues, complètement en fer.

L'appareil est construit pour soulever au besoin une charge de 1 500 *kg* à une profondeur de 5 à 600 *m*, au moyen d'un câble ayant 2 *cm* de diamètre, et pesant environ 2 *kg* par mètre courant. L'effort total dans ces conditions n'atteint pas 3 000 *kg*. Le poids du treuil est de 7 000 *kg* environ. Ses dimensions principales sont :

Surface de chauffe du foyer	**2 m^2**
Surface de chauffe des tubes.	**8 m^2**
Timbre de la chaudière	**6 *atm***
Diamètre des cylindres	**0,180 *m***
Course des pistons	**0,300 *m***
Diamètre du tambour	**1,400 *m***
Rapport des engrenages.	**1,18**
Longueur totale de l'appareil	**3,750 *m***
Largeur.	**2 *m***

Le treuil à air comprimé ou à vapeur, exposé par M. Pinette, appelle l'attention par son système de changement de marche à robinet. Le moteur se compose de deux cylindres agissant sur un arbre à deux coudes à 90°. La distribution de chaque cylindre se fait par un tiroir à coquille, actionné directement par un seul excentrique dont le calage de 90° par rapport à sa manivelle est fixe.

Le changement de marche dans chaque cylindre se fait par un robinet actionné par un levier et une traverse.

Le robinet, intercalé entre la glace du tiroir et le cylindre, est traversé par deux systèmes de canaux. Le premier système fait communiquer la lumière droite de la glace avec le fond de droite du cylindre, et la lumière gauche avec le fond de gauche. Le second système se compose de deux canaux croisés. La communication deviendra donc l'inverse de ce qu'elle était précédemment lorsqu'on fera faire au cylindre une demi-révolution.

Un autre treuil à air comprimé était exposé par la Société houillère de Liévin.

A chaque extrémité du cylindre vient aboutir un canal dont

l'autre orifice est situé sur un disque dans la chambre du modérateur. Un tiroir, animé d'un mouvement circulaire, vient fermer alternativement ces deux orifices, laissant ainsi l'air comprimé pénétrer d'un côté du piston, tandis que l'autre face se trouve par le tiroir en communication avec l'échappement.

MM. Fournier et Cornu, de Génelard, exposaient: 1° Un treuil à vapeur ou à air comprimé compound. Le tambour, faisant corps avec la poulie de frein, est posé sur un arbre excentré dont la position est réglée au moyen d'un grand levier. La poulie de frein est munie de gorges profondes qu'on peut amener au contact de gorges semblables creusées dans la poulie calée sur l'arbre moteur. La transmission de mouvement se fait par friction. Pour faire descendre les chariots vides on arrête le moteur et on desserre de la quantité voulue les deux poulies en contact. Puissance : 4 chevaux ;

2° Un treuil compound à vapeur ou à air comprimé, pouvant remplacer la machine d'extraction. Arbre moteur commandé par plateaux-manivelles. Levier de changement de marche sur le côté. Frein formé d'une bande d'acier enveloppant deux fois la poulie ; laisse tourner la machine quand le mécanicien appuie sur la pédale ; le contrepoids le maintient serré. Puissance: 27 chevaux. Élève-charge vertical de 8 700 *kg*.

Signaux. — La communication sûre et rapide des signaux du fond avec la surface a continué à être l'objet des préoccupations des ingénieurs, et on ne peut que s'associer au vœu qu'exprimait M. Harzé, au Congrès des mines et de la métallurgie, de voir adopter tout au moins pour une même houillère des signaux uniformes.

Pour mieux fixer l'attention du mécanicien, les signaux doivent être, autant que possible, acoustiques et optiques en même temps. Les signaux électriques répondent bien à ce besoin.

On a utilisé à Blanzy, au puits Jules Chagot, des dérivations prises sur les conducteurs de l'éclairage. Sur un premier fil en dérivation on a installé :

1° Dans la chambre d'encagement un bouton interrupteur qui permet d'envoyer le courant dans le fil et dans une lampe de 55 volts ;

2° A la recette supérieure du puits, une deuxième lampe de 55 volts et une bobine de résistance : des extrémités de cette bobine part une dérivation allant à une sonnerie trembleuse.

Chaque fois que l'on appuie sur le bouton de la chambre d'en-

cagement, le courant, passant dans le fil, allume les lampes et fait marcher la sonnerie. La clarté de la lampe inférieure indique que le signal parvient à destination.

Le receveur du jour communique avec le fond par un système entièrement semblable : il peut donc en cas de doute faire répéter le signal.

Le signal du fond doit toujours être répété par le mécanicien de jour, lorsque la cage doit transporter des hommes.

Pour augmenter encore la sécurité on a placé une troisième dérivation sur laquelle sont placés au fond un commutateur et une lampe à verre rouge, au jour une lampe pareille. Lorsque la cage arrive sur les taquets d'arrêt, l'encageur allume les lampes rouges, et ne les éteint qu'après la manœuvre terminée et en même temps qu'il donne le signal de marche.

On emploie encore avec les courants électriques des cadrans à signaux (mines de Marles), des tableaux indicateurs (mines de Nœux), ou des téléphones (mines de la Péronnière).

Des signaux électriques à cadran indicateur réversible, c'est-à-dire donnant la communication du jour avec le fond et vice versa, ont été étudiés avec la maison Bréguet, par la direction de Rochebelle, et établis avec répétition des signaux au point de départ. Ces signaux ont été combinés avec une communication téléphonique composée au jour d'un téléphone Bréguet avec microphone, et au fond d'un téléphone Botcher très robuste, monté sur ardoise et ne craignant pas l'humidité ; on pouvait voir, dans l'exposition des mines de Rochebelle, le modèle de cette installation.

Dans une note présentée à la Société des Ingénieurs mécaniciens de Londres, M. Alan. C. Bagot décrit un certain nombre de signaux électriques.

Aux charbonnages de Cannock et Rugeley (près Stafford), le système se compose d'un circuit formé de douze couples Leclanché et d'un fil télégraphique : sur ce circuit sont montés des timbres. Un signal donné du fond arrive simultanément à la recette supérieure et à la machine ; un signal donné par la recette, au contraire, n'est reçu que par le fond. On est ainsi parfaitement assuré que le receveur du jour ne pourra pas commander le mouvement sans prévenir le fond. Toutefois, afin de permettre que le machiniste puisse être prévenu par le receveur quand il doit arrêter, un circuit local est établi entre les deux. En plus de ce circuit à sonnerie, on en a établi un second agissant sur des cadrans comme dans le télégraphe. Ces appareils transmetteurs et récepteurs

ont été transformés en deux horloges dont la marche est empêchée par une cheville saillante rotative qui vient buter contre la cheville d'un levier correspondant à une division du cadran. Si on amène le levier de la position 0 à la position 5, l'horloge se met en marche, produit cinq contacts séparés qui amènent l'aiguille du récepteur sur la division n° 5 où elle est arrêtée par la cheville du levier.

On a imaginé dans certains charbonnages de relier électriquement les taquets à la chambre de la machine : un sémaphore indique que les taquets sont « en place » ou « retirés » ; le machiniste se trouve ainsi toujours renseigné sur les opérations du receveur.

Les sémaphores électriques sont employés de même pour indiquer « danger » ou « voie libre » dans les plans inclinés armés

Afin de permettre aux hommes qui parcourent le puits pour le visiter et le réparer, de communiquer avec le mécanicien, on a proposé de garnir un des guides du puits, de deux fils métalliques aboutissant à la sonnerie du jour.

On a essayé sans succès de loger ces fils dans le câble d'extraction. Récemment M. Catrice a suspendu verticalement dans le puits deux fils (un seul lorsque le câble d'extraction est métallique) de 3 *mm* de diamètre. Ces fils passent dans la gorge de deux poulies attachées au sommet de la cage. Un manipulateur très simple permet d'établir le contact, quelle que soit la vitesse et même en cas de déraillement.

On met à l'essai à Lens une sirène à air comprimé.

PRÉCAUTIONS A PRENDRE POUR ÉVITER L'ENVOI DE LA CAGE AUX MOLETTES

Dans un très remarquable rapport présenté au Congrès des mines et de la métallurgie, M. Reumaux a résumé, comme suit, les mesures considérées aujourd'hui comme très utiles, sinon comme nécessaires, pour éviter l'envoi de la cage aux molettes.

a. — Annoncer l'arrivée de la cage au jour par une marque blanche bien apparente sur le câble et par un signal, sonnerie ou sifflet à vapeur, donné automatiquement par la machine.

b. — Faire connaître la position des cages dans le puits, au moyen d'un appareil représentatif, autant que possible rectiligne vertical, placé bien en vue du mécanicien.

c. — Surélever la belle fleur. Le règlement allemand fixe à

20 *m* la distance entre la recette et l'axe des poulies. Cette grande hauteur ne paraît pas nécessaire, on se tient en général aux environs de 15 *m*.

d. — Rapprocher les guides au voisinage des molettes. Ce préservatif a été rendu obligatoire par le règlement belge de 1884.

e. — Interposer entre la cage et le câble un crochet de sûreté qui dégage la cage lorsqu'elle s'élève et la laisse suspendue à des sommiers disposés à cet effet. Ces crochets ont reçu diverses formes : Bertinchamp (mines de Courrières), Walker (Industrie minérale, 1875), Kiry et Humble (Industrie minérale, 1886), Bryham, King, Ramsay et Fischer. Ils sont tous basés sur le même principe.

Un obstacle disposé à cet effet dégage un verrou, ou force à se rapprocher les deux branches d'une fourche, ou provoque la rupture d'un rivet et permet ainsi le déclanchement de l'anneau fixé au bout du câble. Peu employés sur le continent, les crochets de sûreté ont au contraire reçu de nombreuses applications en Angleterre, où ils ont été recommandés par la Commission des accidents.

f. — Installer des taquets de sûreté pour recevoir la cage au cas où le coïncement dans les guides rapprochés n'aurait pas suffi à la retenir après rupture du câble.

g. — Établir en dessous des molettes des tampons de choc élastiques pour le cas où le rapprochement des guides n'arrêterait pas la cage.

h. — Employer des machines obéissant facilement et sans grand effort. Les prescriptions réglementaires ont, dans tous les pays, rendu le frein obligatoire, sans toutefois préciser le mode d'action de la force motrice. Tantôt la vapeur agit pour serrer le frein maintenu ouvert par un contrepoids, tantôt au contraire elle soutient le contrepoids qui, abandonné à lui-même, produit le serrage. On a recours quelquefois à l'emploi simultané de la vapeur et de l'air comprimé. L'action du fluide est instantanée ou graduelle. Très favorable à la conservation du matériel, le serrage progressif n'est pas moins utile à la sécurité, si les dispositions permettent de le transformer en serrage instantané dans le cas d'accident.

i. — Adjoindre à la machine un appareil d'arrêt automatique, qui supprime l'admission de la vapeur et serre le frein lorsque la cage dépasse le point prévu, ou le franchit avec une vitesse trop grande. Beaucoup d'appareils ont été proposés qui résolvent plus ou moins complètement le problème.

Evite-molettes Reumaux. — La vapeur, avant d'arriver dans les cylindres de la machine d'extraction, traverse un obturateur. Celui-ci consiste en un cylindre alésé dans lequel se meut un piston composé de deux parties réunies par une tige de petit diamètre. La partie de gauche, qui est la plus longue, peut fermer la conduite de vapeur. En marche normale, les deux faces du piston sont en communication avec la vapeur par deux petites tuyères orientées de manière que le courant maintienne le piston dans sa position d'équilibre ; mais si on vient à créer une dépression dans la chambre C, l'arrivée de la vapeur sera immédiatement fermée, jusqu'au moment où une nouvelle dépression dans la chambre opposée C′ rétablira l'équilibre. Deux soupapes S et S′ permettent de faire communiquer les chambres C et C′ avec l'atmosphère. La soupape S′, destinée à ramener le piston au milieu du cylindre, est commandée à la main par le mécanicien ; la soupape S, au contraire, est commandée automatiquement par la machine. Sur une vis sans fin, qui reçoit de l'arbre de la machine un mouvement de rotation, est monté un écrou qui porte du côté de l'obturateur quatre doigts : les deux premiers sont destinés à agir quand l'arbre de la machine et la vis tournent dans un sens, et les deux autres, quand la machine et la vis tournent en un sens opposé.

Lorsque, par suite du mouvement de translation de l'écrou, le premier doigt vient buter contre le levier de la soupape S, celle-ci s'ouvre, et par suite de la dépression, le piston obturateur prend vivement la position fermée et étrangle l'arrivée de la vapeur, de manière à réduire la pression dans les cylindres de la machine d'extraction à la valeur strictement nécessaire pour empêcher la cage chargée de redescendre. Une vis permet de régler une fois pour toutes l'étranglement approprié à chaque machine.

Un mécanisme analogue assure le serrage automatique du frein. Un piston en équilibre sera brusquement déplacé vers le bas, par suite de l'ouverture d'une soupape commandée comme la précédente. Ce déplacement serre le frein, et est maintenu par la pression qui s'exerce au-dessus du piston.

L'ensemble de l'appareil fonctionnera de la manière suivante : lorsque la cage est à 40 *m* de la recette, le premier doigt fait ouvrir la soupape S et la vapeur est étranglée; le mécanicien, prévenu par le sifflet de l'échappement, ramène le piston à sa position d'équilibre et la cage continue à monter doucement à la recette. Si, par inadvertance, le mécanicien laisse alors la cage s'élever au-dessus de la recette, le second doigt vient à son tour couper la

vapeur une seconde fois, et, en même temps, un troisième doigt agit sur le mécanisme du frein et produit un serrage instantané.

Modérateur de vitesse Wéry. — Un mouvement d'horlogerie donne une rotation uniforme à un arbre, et, par l'intermédiaire d'un pignon, à une roue dentée ; un cliquet saute d'une dent à l'autre pendant la rotation de la roue, l'ensemble de la roue et du cliquet repose sur deux pièces mobiles. Une tige recevant une avance proportionnelle au mouvement de la machine porte un taquet qui, à un moment donné, vient buter contre le cliquet.

Si la vitesse du taquet, déterminée par la vitesse de la machine, ne dépasse pas la limite imposée, le cliquet continue à suivre le mouvement de la roue. Si, au contraire, la limite est dépassée, le cliquet vient appuyer sur la dent et soulève la roue.

L'axe de celle-ci donne, par son mouvement, l'admission de vapeur dans un petit cylindre, dont le piston commande le frein. Cette même transmission pourrait fermer l'admission de vapeur ou renverser la marche. Si la cage vient à continuer son mouvement d'ascension après avoir dépassé la recette, elle actionne une tringle qui, par un mécanisme, donne la vapeur dans le cylindre du frein. Cette transmission directe de la cage au frein a l'avantage de soustraire l'instant du serrage aux variations de longueur subies par le câble suivant la charge et par suite aux variations qui en résultent dans le mouvement de la machine.

Évite-molettes Villiers. — Un régulateur déplace un petit tiroir équilibré, si la vitesse qui lui est imprimée par la machine dépasse une certaine limite. Ce tiroir coupe par son mouvement l'admission de la vapeur. La machine se ralentit ; le régulateur cesse d'agir sur le tiroir qui est ramené dans sa position d'équilibre par un contrepoids. Comme cet appareil ne doit point fonctionner pendant toute la durée d'une extraction, le régulateur reçoit le mouvement seulement pendant les derniers mètres du parcours.

L'embrayage est donné par une vis de sonnerie et une roue à rochet, qui, une fois en mouvement, rapproche deux cônes de friction. Dès que la vis de sonnerie change de sens, un contrepoids ramène la roue à rochet dans sa position d'équilibre et par suite éloigne les cônes de friction.

Un deuxième appareil de sûreté consiste dans une roue à encoche montée sur le même axe que la roue à rochet. L'encoche pousse un verrou relié à un levier par une coulisse. Ce levier agit sur le tiroir du servo-moteur et renverse ainsi la distribution

lorsque la cage arrive à 10 ou 15 *m* de la recette. Cet effet ne se produit pas si le mécanicien soulève le loquet de la barre de commande du servo-moteur et par suite est prêt à arrêter la machine.

Enfin si la cage s'élevait beaucoup au-dessus de la recette, un taquet soulevé ferait immédiatement fonctionner le frein à vapeur.

CHEVALEMENTS

On tend aujourd'hui à ne plus enfermer les chevalements d'extraction et l'on se contente de mettre à l'abri des intempéries les recettes et les poulies.

C'est cet ordre d'idées que la Compagnie des mines d'Anzin a apporté dans la construction du chevalement de la fosse Lagrange. Le chevalet construit dans les ateliers de Mme Ve Taza-Villain se compose de quatre parties distinctes :

1° Clichage inférieur ;

2° Partie verticale formant le prolongement du puits et constituée par quatre montants verticaux croisillonnés entre eux ;

3° Contre-fiche placée obliquement dans la bissectrice de l'angle formé par le câble et l'axe des puits ;

4° Campanile à la partie supérieure. La résultante de la traction des câbles qui vont à la machine et de la résistance des cages passe par la contre-fiche. On a employé pour cette partie de la construction qui reçoit tous les efforts de gros fers de 400 sur 200 *mm* solidement croisillonnés. Pour maintenir l'écartement de la contre-fiche, les sabots, dans lesquels sont encastrés les extrémités des fers en double T, sont solidement reliés par de gros boulons avec le plancher de la recette.

Les quatre montants du chevalet reposent sur les quatre colonnes du clichage. Un escalier ménagé sur la contre-fiche permet l'accès du campanile. Ce chevalet pèse 50 *t* y compris le clichage. Le même système de construction a été appliqué au chevalet de la fosse n° 3 des mines d'Ostricourt.

Rappelons encore ici le chevalement des mines de Lens exposé en demi-grandeur et montrant le fonctionnement de la cage d'extraction et des appareils de sécurité.

CABLES

L'accroissement de la profondeur, en même temps que les progrès de la fabrication, ont accru la proportion des câbles en acier

employés dans les mines. On peut se rapporter à ce sujet au rapport que M. Aguillon, ingénieur en chef des Mines, a publié au nom de la Commisssion chargée d'étudier les questions relatives à la rupture des câbles de mines.

L'exposition présentait un grand nombre de câbles, tant en métal qu'en textile.

MM. Saint Frères fabriquent des câbles en chanvre, aloès, jute et lin. Ils ont exposé entre autres un câble de mines en aloès destiné aux mines de Blanzy ; il a 540 *m* de long, 0,250 *m* de large et une épaisseur de 0,050 *m*. Ils exposaient un deuxième câble pour les mines de Nœux, d'une longueur de 500 *m*, 0,240 *m* de largeur et 0,048 *m* d'épaisseur.

Citons comme curiosité une élingue exposée par MM. Guérin et Vallée (Paris), d'une force de 120 000 *kg*.

Les maisons qui s'occupent à la fois de la fabrication des câbles en textile et en métal sont assez nombreuses.

Nous trouvons dans cette catégorie M. Bessonneau, d'Angers, qui exposait un câle plat en aloès goudronné pour mines, d'une longueur de 670 *m* et d'un poids de 7 700 *kg*. Ce câble est à section décroissante ; la plus grande est de 0,26 *m* × 0,052 *m*, et la plus petite 0,15 *m* × 0,032 *m*. Cette maison exposait encore toute une collection de câbles ronds en fils de fer clair pour mines et transmissions de forces.

M. Frété (Paris) a des câbles de toutes sortes en lin, chanvre et fils d'acier clair pour mines et plans inclinés.

MM. Benet, Duboul et Cie (Marseille) exposaient des câbles plats en aloès goudronné ou en chanvre d'Italie, de section égale ou décroissante, et qui ont une résistance de 5 à 6 *kg* par millimètre carré ; des câbles ronds en chanvre d'Italie blanc, résistance de 7 à 8 *kg* par millimètre carré, et les mêmes goudronnés, résistance de 6 à 7 *kg*.

Parmi les maisons qui font exclusivement des câbles métalliques, la maison A. Stein, de Danjoutin (Belfort), exposait des câbles de mines ronds et plats, en fil de fer et en fil d'acier. Elle entreprend aussi la fabrication des câbles pour plans inclinés de grande longueur. On pouvait voir à son exposition un échantillon d'un câble de 6 *km* de long, fabriqué pour le Creusot ; son poids est de 5 400 *kg*, et son diamètre de 0,018 *m*.

Les tréfilerie et corderie mécaniques des ardoisières d'Angers exposaient des cordages en fils mécaniques, fer, acier, cuivre, de tous les systèmes d'enroulement, de toutes les dimensions et sa-

tisfaisant à tous les usages. Cette maison a entrepris une nouvelle fabrication, celle d'haussières flexibles perfectionnées en fil d'acier galvanisé, pouvant s'enrouler sur un diamètre de 0,30 *m* et remplaçant avantageusement les chaînes-câbles et les cordages en chanvre.

MM. Teste, Moret et Pichat (Lyon) exposaient des câbles à torons en fils de fer et en fils d'acier de toutes résistances pour mines, carrières, plans inclinés, funiculaires, transmissions de forces. Remarquons les câbles Excelsior à surface lisse et fils enclavés. Le noyau du câble se compose de fils ordinaires à section circulaire, mais la périphérie est composée de fils d'une section spéciale, permettant d'obtenir une surface lisse qui doit rendre l'usure plus égale ; ces câbles Excelsior sont surtout employés pour les funiculaires.

Dans la section belge, nous trouvons deux importantes expositions de câbles. L'une, celle de M. Vertongens-Gœns, de Termonde, comprenait toute une collection de câbles répondant à des usages différents :

Trois câbles plats en aloès légèrement goudronnés, des dimensions et forces suivantes :

	Longueur.	Épaisseur.	Charge de rupture.
1er Câble.	0,39 *m*	0,064 *m*	194 000 *kg*
2e —	0,26	0,061	114 000
3e —	0,16	0,025	32 700

Deux câbles de transmission, l'un en aloès, l'autre en chanvre fort des Flandres, d'un diamètre de 0,07 *m*, et qui ont tous deux une charge de rupture de 22 600 *kg*.

Dans la collection des câbles métalliques, un câble en acier d'un diamètre de 0,062 *m*, dont la charge de rupture est de 164 000 *kg* ; un deuxième en acier, du système Cockerill, d'un diamètre de 0,055 *m* et résistant à 81 000 *kg* ; un câble-guide en acier doux de 0,032 de diamètre, et d'une force de 35 500 *kg* ; deux câbles porteurs, le premier du système Batchelor, d'un diamètre de 0,03 *m* et d'une force de 41 000 *kg*.

Trois câbles plats d'extraction en acier fondu, système Martinek, des dimensions et forces suivantes :

	Largeur.	Épaisseur.	Charge de rupture.
1er Câble.	0,085 *m*	0,023 *m*	53 000 *kg*
2e —	0,104	0,020	72 500
3e —	0,136	0,020	97 000

La deuxième maison belge est la corderie mécanique de Ligny, qui avait également une exposition très complète de ses produits, aussi bien en câbles textiles qu'en câbles métalliques.

M. Saint, directeur de la câblerie de Tronçais (Allier), est arrivé aux conclusions suivantes pour le travail des câbles métalliques :

Généralement, le câble textile travaille au $\frac{1}{8}$ de la résistance à la rupture, et le câble métallique au $\frac{1}{10}$ de cette résistance.

La résistance du travail admise par chaque centimètre carré de section réelle est donc : 75 *kg* pour le câble textile, 1 150 *kg* pour le câble métallique.

Pour faire travailler deux câbles, l'un textile, l'autre métallique, sous un même effort A, nous aurons :

$$A = 75\,C = 1150\,C_1$$

C et C_1 étant les sections des deux câbles évaluées en centimètres carrés.

Les poids du mètre courant seront respectivement :

$$\left.\begin{array}{l} P = 0{,}120\,C \\ P_1 = 0{,}780\,C_1 \end{array}\right\} \text{Évalués en kilogrammes.}$$

Pour la même charge A, on a donc :

$$75\,\frac{P}{0{,}12} = \frac{1150}{0{,}78}\,P_1,$$

d'où :

$$\frac{P_1}{P} = \frac{75 \times 0{,}78}{1150 \times 0{,}12} = 0{,}43.$$

Pour le même travail pratique, le poids du câble en acier serait donc les $\frac{43}{100}$ de celui du câble en textile.

Dans un Mémoire sur l'installation des puits Saint-Louis et l'Archevêque, aux mines d'Aniche, M. Vuillemin est arrivé aux mêmes conclusions à propos des câbles en acier, et indique une autre considération tout en leur faveur. Pour la profondeur de 500 *m*, il faudrait un câble en aloès s'enroulant 55 fois sur la bobine ; avec le câble rond en acier et le tambour de grand diamètre, 23 tours suffisent pour l'ascension, ce qui permet une vitesse moitié moindre de la machine. Le câble plat en acier donnerait le même résultat; mais, outre son prix plus élevé, ce câble périt plus rapidement, à cause de l'usure des fils du câble à chacun des points de contact avec les coutures.

M. Haton de la Goupillière, inspecteur général des mines, a fait paraître, en 1882, une étude très complète sur la théorie des tambours spiraloïdes et des câbles logarithmiques, établissant les formules qui permettent de construire les uns et les autres.

M. Vertongen-Gœns (Belgique) a donné pour les câbles plats en aloès une nouvelle formule, en faisant diminuer régulièrement la charge depuis la partie inférieure jusqu'à l'enlevage. La variation est de 22 *kg* par centimètre carré, pour les profondeurs ordinaires; elle est augmentée pour les grandes profondeurs. M. Planchard, ingénieur aux mines de Commentry, a vérifié que les câbles construits suivant cette nouvelle formule travaillaient plus régulièrement que les câbles logarithmiques.

Quelle que soit la matière des câbles employés, leur entretien doit être parfaitement soigné ; c'est ainsi que la conservation des câbles en aloès exige un certain degré d'humidité, tandis qu'il faut suiffer les câbles en chanvre et graisser les câbles métalliques avec un mélange chaud d'huile et de graisse. Il convient qu'un employé spécial soit attaché à la visite régulière des câbles.

Le nouveau règlement des mines de Dortmund prescrit de couper les pattes des câbles tous les trois mois; il interdit d'employer pour la translation des hommes un câble en aloès pendant plus de trois ans ; il exige enfin que les tiges d'attelage, chaînes, anneaux, etc., soient renouvelés tous les deux ans, à moins de leur faire recouvrer leur résistance première par un chauffage au rouge suivi d'un refroidissement lent.

PARACHUTES ET GUIDAGES

L'utilité des parachutes est encore aujourd'hui contestée par de nombreux exploitants.

En France, l'administration des mines recommande l'emploi sans l'imposer. Le règlement belge, d'avril 1884, est muet sur cette question. La commission anglaise de 1886 se déclare incapable de conclure en faveur de ces appareils comme sauvegarde efficace contre les accidents. En fait, l'emploi du parachute est général en France, très répandu en Allemagne et en Belgique, fort rare en Angleterre, où l'attention des Ingénieurs se porte de préférence sur le choix et l'entretien des câbles.

C'est aux ressorts d'acier que l'on demande la réaction capable de mettre en jeu les organes de prise. Le caoutchouc, dont on s'est servi quelquefois, s'altère en peu de temps dans l'atmosphère

chaude et humide des mines. Enfin, le ralentissement graduel est indispensable : le travail seul est capable de neutraliser la force vive et d'amener la cage au repos sans danger pour les personnes, ni dommage pour le matériel.

Pour obtenir un frottement suffisant des griffes contre le boudin des rails de guidage, on creuse parfois à la circonférence de la griffe une dentelure peu profonde. Dès que le contact a lieu, une légère pénétration s'établit et grandit sous l'effort même de la cage. C'est le cas des parachutes des mines de Lens.

Le parachute des mines de Nœux est basé sur le même principe et diffère seulement par quelques détails. Les griffes, solidement appuyées contre des butoirs en fer forgé, sont établies sur les faces opposées de la cage, tandis que celles du modèle précédent sont montées sur un même côté long ; cette disposition, imposée par le guidage latéral, crée un porte-à-faux inadmissible avec les cages très chargées. On est alors obligé, ou de doubler le guidage, ou d'établir une ligne de poutrelles spéciales destinées à recevoir l'action du parachute (Lens, Anzin). Cette dernière disposition répond bien à la nécessité de distinguer les faces de guidage des faces de prise.

La Société des Mines de Dourges montrait une application du parachute Libotte aux guidages en fer. Quand le câble casse, le ressort plat, qui passe dans un étrier de la tige suspendue au câble, n'étant plus tendu, reprend sa position normale en abaissant un levier articulé sur l'arbre horizontal qui règne sur toute la longueur de la cage, et les deux coins à dents saisissent le champignon du rail et mordent sur lui.

M. Hypersiel a appliqué, l'un des premiers, au guidage métallique, un parachute capable d'amortir progressivement la force vive. Cet appareil a fonctionné avec succès à diverses reprises aux mines de Mariemont et de Sacré-Madame. On a aussi récemment essayé, pour les guidages en fer, les coins Foudrinier (mines d'Hénin-Liétard).

Divers appareils à pénétration ont été proposés. Les uns (Machecourt, Fontaine, Taza) obtiennent la pénétration par choc et pression directe de la cage ; les autres produisent la pénétration par un effet d'arc-boutement (Guibal, Owen, Micha).

On a essayé d'obtenir, avec le principe de la pénétration, un arrêt progressif en interposant des ressorts entre la cage et le châssis porteur du parachute ; mais cela complique la cage et ne produit que des effets très limités.

M. Cousin a imaginé de reporter l'action des griffes sur un câble plat en aloès, dont l'une des extrémités est fixée au fond du puits, et qui soulève une série de contrepoids.

Dans le système Kœpe, la cage glisse le long d'un câble métallique auxiliaire passant sur une poulie-frein. Si le câble porteur vient à se rompre, le parachute saisit le câble auxiliaire, et le frein mis en action amortit progressivement la vitesse.

La chute d'une grande longueur de câble, venant s'abattre dans le puits, après le fonctionnement du parachute, peut desserrer les griffes et occasionner la chute définitive de la cage. M. Soupart, directeur du Charbonnage de Marchiennes (Belgique), a fait exécuter un attelage qui, en cas de rupture, se déclanche automatiquement. La barre d'attelage est traversée par deux boulons maintenus par des ressorts : si une rupture se produit, deux coins viennent presser les ressorts et écarter les boulons ; la barre se détache donc immédiatement.

M. Reumaux, dans son rapport au Congrès international des mines et de la métallurgie, exprime le vœu que les cages munies de parachute soient soumises à des épreuves et expériences réglementaires ; il propose en outre, pour éviter les prises intempestives, et pour conserver au ressort toute son élasticité, de caler le parachute pendant l'extraction, lorsque la cage ne transporte pas les ouvriers ; cette mesure est usitée d'ailleurs dans un grand nombre de mines.

Le parachute de M. Marsaut, introduit dans la cage seulement au moment de la descente ou de la montée du personnel, répond bien à ce desideratum : les ressorts ne travaillent point inutilement, et l'appareil peut être facilement entretenu. Il présente de plus cet avantage de diminuer le poids mort pendant l'extraction.

M. Soupart propose de remplacer les mains courantes des cages d'extraction par des roues, afin d'obtenir un frottement de roulement au lieu d'un frottement de glissement.

Afin d'éviter les inconvénients occasionnés par le rapprochement des guides, les mains roulantes ont été placées sur ressorts.

Une application récente faite dans un puits du bassin de Charleroi, dont l'extraction menaçait d'être arrêtée par une déviation du guidage métallique, a donné de bons résultats, un modèle figurait à l'Exposition. En cas de rupture du câble ces roues sont freinées par un coin, ce qui aide l'action du parachute.

Des mains courantes formées de deux pièces mobiles avec jeu

dans tous les sens sont aussi employées au Charbonnage du Horloz depuis plusieurs années.

Les faces du guidage, qui doivent en cas de rupture recevoir la prise des griffes du parachute doivent être en parfait état. Les faces sur lesquelles s'exerce l'action des mains courantes doivent donc être distinctes des faces de prise. Pour éviter de changer les guidages, on cherche aujourd'hui à faire porter l'usure sur les mains courantes, faciles à remplacer, en employant un métal peu dur. Pour les guides, au contraire, l'emploi du métal laminé assure leur bonne conservation et est tout indiqué pour permettre l'action du parachute frein. Le guidage en acier est aujourd'hui adopté presque exclusivement dans toutes les installations nouvelles, sous forme de rail ordinaire de 20 à 30 *kg* le mètre courant.

Comme exemple de guidage métallique, on peut citer celui de M. Bruant :

Dans un plan vertical, passant par l'axe du puits, sont placées des poutrelles métalliques fixées horizontalement à distances égales. Sur ces traverses sont fixées, avec des griffes, des entretoises et des boulons, quatre files, opposées deux à deux, de rails guides verticaux, dont les champignons sont saisis par les mains courantes fixées au long des cages d'extraction.

Aux mines de Nœux, la cage porte au-dessous des mains courantes un graisseur pour faciliter le glissement sur les guides ; un modèle réduit figurait à l'Exposition.

CLICHAGES

On s'efforce d'assurer la sécurité des recettes, en établissant la solidarité entre les signaux, les barrières du fond et les taquets du jour.

Les taquets de recettes intermédiaires sont disposés pour être tenus constamment ouverts par un contrepoids. Ils sont manœuvrés directement de la surface (Charbonnages du Hasard), ou enclanchés aux taquets du jour et à la sonnerie, de telle façon qu'on ne puisse ni sonner du fond, ni démarrer du jour lorsque les taquets des étages intermédiaires sont baissés (Mines de Lens); ils peuvent encore être manœuvrés automatiquement par la cage (Charbonnages de Belle et Bonne).

M. Reumaux a proposé un système d'enclanchement des taquets

du jour avec les barrières du fond, qui est appliqué à toutes les fosses de la Compagnie des mines de Lens.

Supposons la cage du jour sur ses taquets : tant que ceux-ci ne seront point retirés, le départ ne pourra point avoir lieu. Un levier de manœuvre au fond commande un cran d'arrêt qui rend impossible au jour tout mouvement des taquets. Le même levier ferme les barrières d'accès au fond. Pour pouvoir charger la cage du fond, le chef de poste fixe donc les taquets du jour en ouvrant les barrières ; inversement avant de donner le signal du départ il est obligé de refermer les barrières.

Dans le but de parer aux pertes de temps dues au soulèvement de la cage qui précède le retrait des taquets, M. Stauss a établi au Charbonnage Concordia de Zabrse (Haute-Silésie), un système de taquets qui s'effacent en s'abaissant. Ils ont été utilisés aussi en Belgique ; à Bascoup, on est arrivé à extraire 88 cages à l'heure au lieu de 78, soit une économie de 13 0/0 sur le temps d'extraction.

Ces taquets reposent par une face pleine sur un bloc d'acier dont la face supérieure est inclinée de 9° sur l'horizon. L'action du levier est aidée par le poids de la cage qui tend, elle aussi, à faire glisser les taquets, qui s'abaissent en même temps qu'ils reculent par suite de la pente.

M. Malissard-Taza exposait un système analogue de taquets, dont le retrait accompagné d'abaissement peut s'exécuter malgré la pression exercée sur la cage.

ORGANISATION DES RECETTES

Pour augmenter la rapidité des manœuvres de chargement et déchargement, rapidité nécessitée de plus en plus par la concentration des efforts de l'extraction, certains puits extrayant jusqu'à 1 000 *t* par jour, on peut installer, comme aux mines de Blanzy, une recette double qui permet de charger en même temps les deux étages de la cage. Les deux niveaux sont alors en communication par deux balances, une pour les charbons, l'autre pour les remblais ou les wagonnets vides. A Liévin, on charge les cages à deux étages à deux niveaux différents situés d'un côté et de l'autre du puits. Pour les cages à quatre étages on a encore ces deux recettes opposées, mais chacune d'elles est double, les niveaux superposés étant en communication comme à Blanzy par des balances sèches ; on charge ainsi les quatre étages à la fois.

Dans le même but on a imaginé un certain nombre d'appareils

mécaniques pour faire entrer ou sortir les berlines des cages d'extraction. M. Rossigneux a fait exécuter, pour les mines de Dourges, une chaine sans fin actionnée par un cylindre à vapeur. Chaque coup de piston donne à la chaine une course horizontale de 3 *m*, suffisante pour pousser les berlines dans la cage.

L'appareil Fischer, de la mine de Clifton (Derbyshire), soulève légèrement le plancher de la cage, les wagons sortent ainsi d'eux-mêmes tandis que d'autres rentrent, amenés par la déclivité de la voie.

Celui de M. Fowler pousse les wagons d'une cage à trois étages sur un monte-charge au moyen de pistons hydrauliques. Le monte-charge, hydraulique lui-même, est déchargé pendant le mouvement des cages.

L'encagement des vides a lieu par le même procédé. Les trois étages sont donc chargés ou déchargés simultanément.

Les orifices des puits, tant aux recettes du jour qu'à celles du fond, sont fermés au moyen de barrières automatiques ou manœuvrées par le receveur.

Lorsque plusieurs accrochages sont en activité dans le même puits, chacun d'eux communique avec le jour par un timbre spécial dont le son est bien distinct de celui des autres.

Dans le but d'amortir le choc de la cage au moment où elle vient reposer sur les planchers inférieurs, on place quelquefois des ressorts à la partie inférieure des cages, ou bien encore on dispose des planchers élastiques aux recettes du fond.

On installe souvent dans les puits, à 3 *m* environ au-dessous de la recette, un plancher mobile. Le filet métallique employé pour cet usage à Blanzy est une bonne solution, grâce à la résistance des câbles en fil d'acier dont il est formé. Il est de plus tout indiqué si la partie inférieure du puits doit servir de retour d'air pour les étages inférieurs.

Recettes des plans inclinés. — Les barrières mobiles, que l'envoyeur doit ouvrir pour engager un wagon sur le plan incliné, doivent se refermer d'elles-mêmes après le passage : mais de plus elles doivent autant que possible présenter un arrêt infranchissable sans l'intervention du rouleur.

Le modèle d'arrêt automatique exposé par les mines de Roche-la-Molière et Firminy répond bien à ces conditions. Deux taquets fixés sur le même axe horizontal sont disposés de telle sorte que l'un des deux arrêtera toujours l'essieu du wagon. Il

faut donc, une fois le premier taquet passé, que le rouleur le relève pour abaisser le second.

Parfois les barrières sont enclanchées à une sonnerie ou bien avec les barrières des voies qui ont accès au plat supérieur du plan incliné (Mines de Lens ; Mines de Douchy, système Mélisse). La manœuvre de la sonnerie et l'accès du plat sont ainsi condamnés lorsque la barrière est ouverte.

TRANSLATION DES OUVRIERS

Généralement les échelles fixes ne sont installées qu'en cas de secours et particulièrement dans les puits d'aérage. La translation des ouvriers a lieu le plus souvent par cages. Dans certains cas, on emploie pour le transport des ouvriers des cages spéciales grillées ; elles sont imposées par le règlement dans le bassin de Westphalie.

Les Fahrkunsts anciennement montées en Allemagne sont pour la plupart restées en service, mais on a créé peu de nouvelles installations ; la dernière paraît dater de 1875. C'est la Fahrkunst du siège Kœnigen-Maria, à Clausthal, qui fonctionne à 628 *m* de profondeur. Elle permet de descendre une brigade de 900 hommes en 73 minutes 6 secondes.

En Belgique, la plupart des Fahrkunsts établies autrefois ont été successivement démontées et il n'en reste aujourd'hui que six en service.

Toutefois nous ne pouvons passer sous silence la remarquable disposition, due à M. Guinotte, dont l'exposition des mines de Mariemont montrait un modèle réduit.

Comme dans la warocquère primitive, les tiges et les paliers sont suspendus à deux pistons plongeurs formant balancier hydraulique : l'équilibre ne s'obtient plus par la communication directe des deux cylindres recevant les pistons, mais par l'intermédiaire d'un arbre à manivelles, auxquelles sont attelés les pistons plongeurs des deux pompes. Chacune de ces dernières communique avec un des cylindres du balancier. Les manivelles sont disposées de telle façon qu'une pompe refoule dans le balancier quand l'autre aspire. Les courses des pistons des pompes et du balancier étant en raison inverse des sections, on peut avec une manivelle de dimensions ordinaires obtenir une course très grande aux paliers. Les manivelles ont dans le cas présent un rayon de 0,750 *m*, tandis que la course utile des paliers est de 5 *m*.

Le mouvement est donné à l'arbre des pompes par un moteur ordinaire à rotation continue faisant dix révolutions pendant que l'arbre des pompes n'en fait qu'une ; la réduction de vitesse est obtenue par engrenages.

Ce moteur est à détente variable, système Guinotte ; la détente est réglée par un pendule conique. Grâce à ces dispositions on est arrivé à doubler la vitesse de translation tout en donnant à l'ouvrier le temps nécessaire pour passer d'un palier à l'autre.

Il ne résulte d'ailleurs de cette grande vitesse aucun malaise pour l'ouvrier, puisque les paliers se meuvent comme s'ils étaient commandés par les manivelles, c'est-à-dire que la vitesse se ralentit considérablement aux points morts et que le départ se fait sans secousse.

EXTRACTIONS SECONDAIRES

On peut descendre les bennes de remblais en vertu de leur propre poids dans un puits spécial et avec cages à deux étages sans doubles recettes, de la manière suivante : Un câble contrepoids d'un diamètre supérieur à celui qui porte les cages est accroché au-dessous de celles-ci : soit pour un puits de **300** *m* de profondeur un câble contrepoids pesant **1** *kg* de plus par mètre que le câble porteur, en tout 300 *kg*. Lorsque la cage chargée de deux bennes pleines arrive au fond, on retire une benne pleine aussitôt remplacée par une vide et au jour on remplace au contraire une vide par une pleine. Les cages s'équilibrent à ce moment. Mais la cage du jour supporte l'excès des **300** *kg* du câble contrepoids plus le poids du garde-fou mobile ; en desserrant les freins, la cage du jour va donc descendre lentement, puis un système de taquets arrêtera le mouvement lorsque les étages des cages non encore déchargées seront de niveau avec les voies de roulage. Ce système a reçu aux mines de Montrambert et la Béraudière une remarquable application pour la descente de remblais du puits de Lyon, dont le modèle figurait à l'Exposition.

Les mines de fer d'Allevard utilisent une source comme moteur d'extraction. Un wagon-réservoir circule au jour sur un plan incliné ; il est attelé au câble d'extraction. Le wagon plein est plus lourd que l'ensemble des berlines pleines et de la cage ; vide, il est au contraire plus léger que la cage plus les berlines vides. Si le wagon se remplit automatiquement lorsqu'il arrive en haut du plan incliné, et se vide de même en bas de sa course au moyen

d'un système de butoirs convenablement disposés, on obtiendra l'élévation de la cage ou sa descente en desserrant les freins d'une poulie sur laquelle le câble est enroulé.

EXHAURE

En dehors des divers types connus et employés pour faible épuisement, il ne figurait à l'Exposition qu'un petit nombre de pompes de mines

Cependant les puissantes installations d'épuisement doivent prendre un développement de plus en plus considérable, tant par l'approfondissement et l'étendue des travaux que par l'abandon de couches exploitées dont on ne peut pas toujours se défendre par des serrements.

On sait qu'en Belgique, on se préoccupe beaucoup de la création de grands centres d'exhaure destinés à assécher l'ensemble de plusieurs concessions exploitées ou épuisées.

Dans une notice publiée à l'occasion de l'Exposition universelle, la Compagnie de Roche-la-Molière et Firminy décrit les travaux considérables qu'elle a exécutés pour la déviation de la rivière de l'Ondaine et les canalisations de l'Echapre et du Pêchier.

La Société de Couillet exposait un type de machines jumelles, compound ou non, actionnant : 1° des soulevantes de 45 *m* de jet, déversant l'eau dans un grand réservoir où les foulantes prennent l'eau en charge ; 2° des pompes foulantes placées derrière chacun des cylindres à vapeur et actionnées directement par les pistons à vapeur. Les dimensions principales sont les suivantes :

Diamètre des pistons à vapeur	0,620 *m*
Section utile des plongeurs des pompes foulantes	0,352 *m*
Course commune	3,200 *m*
Poids du volant.	5,000 *kg*
Diamètre du tuyau de prise de vapeur. . . .	0,180 *m*
Diamètre du tuyau de refoulement	0,200 *m*
Diamètre du piston des pompes à air du condenseur	0,220 *m*
Course de ces pistons	1 *m*
Nombre de tours par minute	30

Ce type de machine est capable d'épuiser **2 000** *m*³ d'eau en dix heures à la profondeur de **190** *m*.

La Société de Couillet exposait également la machine d'épuisement à rotation installée aux Charbonnages de Noel Sart-Culpart à Gilly. Cet appareil d'exhaure se compose d'une machine horizontale montée sur un fort bâti portant le cylindre à vapeur, derrière celui-ci deux paliers dans lesquels tourne l'arbre des volants, et deux glissières portant une grande traverse en acier forgé. La traverse en acier, reliée en son milieu au moyen d'une crosse à la tige du piston à vapeur et à la grande bielle commandant les pompes, est attaquée à ses deux extrémités par deux bielles en retour, actionnant les deux volants régulateurs. Les dimensions principales sont les suivantes :

Diamètre du piston à vapeur	**1,100** *m*
Course du piston à vapeur	**2,500** *m*
Diamètre des volants.	**6** *m*
Poids d'un volant	**19** *t*
Longueur de la grande bielle	**10,700** *m*

Cette bielle est construite en chaudronnerie et présente un profil parabolique en treillis Elle transmet le mouvement de la machine aux pompes par l'intermédiaire d'un balancier triangulaire en tête de cheval qui porte le contrepoids d'équilibre. La colonne du puits mesure 460 *m* de profondeur et se compose de jeux de pompes du système Rittinger, à pistons différentiels ayant **80** à 85 *m* de jet Ces pompes ont des plongeurs de **0,540** *m* et **0,380** *m* de diamètre et une course de **1,500** *m*. La machine fait dix révolutions par minute.

Une pompe présentant les mêmes dispositions a été installée par la Compagnie des mines de Blanzy au puits Jules Chagot.

Les deux puissants moteurs d'exhaure, dont un petit modèle figurait dans l'installation de la Société de Mariemont, élèvent chacun un demi-mètre cube d'eau par coup et atteignent facilement une vitesse de 10 coups par minute. Cette machine à rotation continue est à balancier, et la tige du piston porte à sa partie inférieure un contrepoids qui équilibre la maitresse-tige. Elle est combinée de telle façon que le balancier ne travaille jamais que dans un seul sens, et n'est jamais soumis qu'à l'effort même de la maîtresse-tige. Chacun des rivets qui assemblent les différentes parties de ce balancier conserve donc toujours les mêmes points de contact, et il est facile de voir que, dans de telles conditions, le

balancier est mis à l'abri des causes qui amènent si souvent la détérioration et même la rupture de ce genre d'organes.

On comprend de suite aussi que les bielles qui réunissent le piston au balancier se trouvent travailler dans les mêmes conditions que ce balancier, tandis que celles qui réunissent la traverse et la tige du piston à l'arbre des volants, lequel est placé au-dessous des cylindres, n'ont à supporter que les efforts résultant de la transmission et de la reprise, par rapport aux volants, de la variation de la force vive.

Les pompes sont renversées, en sorte que la maîtresse-tige travaille uniquement par traction. Le piston en est fixe, tandis que le corps de pompe est mobile. Le bourrage est garanti contre les boues et matières entraînées par l'eau par un réservoir dans lequel elles viennent s'accumuler et qu'il est aisé de nettoyer de temps en temps. Afin d'éviter l'intercalation de cadres dans la maîtresse-tige, celle-ci traverse le couvercle supérieur des pompes. Si l'on a ainsi un bourrage de plus à chaque jeu de pompes, on a par contre le grand avantage d'avoir une maîtresse-tige formée du haut en bas d'une simple barre de fer ronde et qui n'a pas besoin d'être guidée. Le puits a 250 *m* de profondeur et l'eau est refoulée par trois jeux de pompes, chacun faisant accomplir à l'eau une ascension de 80 à 85 *m*.

En 1885, la Compagnie de Montrambert, ayant approfondi des travaux intérieurs, a dû prolonger la pompe du puits de l'Ondaine de 100 *m*. Elle a pu utiliser son ancienne machine d'épuisement, à simple effet et à balancier, du système dit de Cornouailles, par l'addition du balancier et régénérateur de force de Bockholtz. Elle exposait le modèle du balancier qu'elle a adopté et qui a été décrit par l'inventeur, M. Rossigneux, dans le Bulletin de l'Industrie minérale.

M. Rossigneux obtient sensiblement les effets du Bockholtz en faisant rouler un balancier ordinaire sur une table par une courbe. Par ce roulement, les bras de levier de la maîtresse-tige et du contrepoids varient à chaque instant.

A l'origine de la course descendante de la maîtresse-tige, il résulte de l'inégalité des bras du levier un certain poids, libre de celle-ci, qui produit l'accélération du mouvement. Ce poids libre diminue sans cesse, jusqu'au point où les moments de la puissance et de la résistance sont égaux. Pendant cette première période du mouvement, l'excès du travail du poids disponible de la maîtresse tige sur le travail résistant du contrepoids a été emmagasiné dans

les masses en mouvement sous la forme de force vive. Pendant la seconde période, le travail résistant du contrepoids est supérieur à celui du poids disponible, et le mouvement s'éteint lorsque le travail emmagasiné pendant la première période a été absorbé.

Les mêmes effets se reproduisent pendant la course montante de la maîtresse-tige ; le contrepoids accélère d'abord le mouvement jusqu'au point d'équilibre, puis le retarde de plus en plus jusqu'à la fin de la course.

En résumé, le point d'équilibre entre les travaux moteurs et résistants a lieu dans le Bockholtz au milieu de la course, tandis qu'il est plus bas dans le Rossigneux.

Nous ajouterons quelques exemples d'installations récentes.

Les machines d'épuisement souterraines installées au charbonnage d'Arsimont, en 1888, dans le bassin de Charleroi (Belgique), ont été établies pour répondre aux conditions suivantes :

1° La venue d'eau à épuiser varie de 1 800 m^3 en été à 4000 et même 5 000 m^3 pendant les mauvais hivers.

2° Cette quantité d'eau doit s'exhaurer :

a. Actuellement, et pendant trois ou quatre années encore, en partie de la profondeur de 203 *m*, et en partie de la profondeur de 260 *m*.

b. Pendant cinq ou six années ensuite, de la profondeur de 260 *m* en totalité.

c. Enfin, pendant dix ou douze années, de la profondeur de 350 *m*, une partie étant supposée pouvoir être maintenue à 260 *m*.

On s'est décidé à établir directement deux machines souterraines à la profondeur de 260 *m*; à laisser descendre à ce niveau, pendant les premières années, la venue d'eau de 203 *m*, et on a résolu la question de l'épuisement au niveau futur, sans déplacement des machines, en combinant le système des machines foulantes avec le système d'épuisement par maîtresse-tige.

Les deux machines, absolument identiques, sont placées bout à bout, dans une salle située sur le côté du puits d'extraction, et à 10 *m* au-dessus de l'envoyage, pour être à l'abri des eaux en cas d'accident.

Les dimensions de cette salle sont les suivantes, à l'intérieur des maçonneries :

Longueur.	36 *m*
Largeur	6 *m*
Hauteur	4,75 *m*

Le plafond est fait en voussures sur poutrelles légèrement cintrées. La nature du terrain a permis de se dispenser de placer des colonnes de soutènement.

Les machines sont du système compound, à condensation. — Le condenseur est placé entre les deux cylindres et commandé par un excentrique calé sur l'arbre du volant.

Chaque machine comprend quatre corps de pompe placés deux à deux en prolongement derrière chaque cylindre. Ces corps de pompe, surmontés chacun d'une cloche à air, refoulent l'eau dans un grand réservoir d'air, en fonte, commun aux deux machines, et, de là, directement à la surface. L'air est entretenu dans les petites cloches par les reniflards des pompes, et, dans le grand réservoir, par une petite pompe à air placée sur chaque machine.

Au milieu de la salle est creusé un burquin central qui communique avec le fond du puits d'extraction. Sur l'arbre du volant de chaque machine est calé un pignon qui commande un engrenage placé sur un arbre spécial (rapport 1/3). Cet engrenage porte un pivot qui commande, par son mouvement rotatif, la maîtresse-tige d'une pompe Rittinger aspirante et foulante.

Actuellement, chaque pompe Rittinger prend l'eau à 17 *m* sous le niveau de la salle, et la refoule dans un réservoir épurateur; celui-ci transmet l'eau en charge au condenseur, qui, lui-même, la transmet également en charge au réservoir fermé qui est en communication avec les quatre corps des pompes horizontales. Il n'y a donc aspiration qu'au fond du burquin, et les pompes foulantes des machines rotatives, de même que le condenseur, donnent ainsi un résultat presque théorique.

Les engrenages, les bielles, les pompes Rittinger, les colonnes de refoulement du burquin, etc., sont calculés pour la profondeur future de 350 *m*. Il suffira donc, lorsque cela sera nécessaire, d'approfondir le burquin, de descendre les Ruttinger, et de porter à 90 *m* la longueur des maîtresses-tiges et des colonnes de refoulement du burquin.

Le burquin des pompes, rectangulaire, a 4 *m* de long, sur 1,50 *m* de large.

Les colonnes d'eau et de vapeur sont placées dans le puits d'aérage. La vapeur arrive au fond dans un réservoir dessiccateur qui la distribue, par des conduites distinctes, aux deux machines.

Les machines, construites par les ateliers de la Meuse, à Liège, ont donné toute satisfaction; elles doivent fournir chacune, à 30 tours par minute, soit 10 coups pour les pompes Rittinger, un

minimum de 2 500 m^3 en eau réellement élevée à la surface. — Or, elles ont fonctionné, dans différentes expériences, à 50 et 55 tours par minute, sans inconvénient.

Voici les dimensions principales :

A. — *Pompes du burquin.*

Diamètre des plongeurs	0,495 *m*
Course.	1,200 *m*
Volume engendré par course	0,230 m^3
Diamètre des tuyaux d'aspiration . .	0,500 *m*
— — de refoulement.	0,600 *m*
Vitesse de l'eau dans les tuyaux de refoulement pour 30 tours ou 10 coups de pompe par minute	0,85 *m*

B. — *Machines à vapeur.*

Diamètre du petit piston à vapeur. .	0,600 *m*
Diamètre du grand — — . .	1,000 *m*
Course des pistons	0,800 *m*
Longueur du réciver.	2,150 *m*
Diamètre —	0,400 *m*
Diamant du volant.	3,500 *m*
Diamètres des tuyaux de la colonne de vapeur	0,200 *m*
Épaisseur des tuyaux de la colonne de vapeur	0,014 *m*
Nombre de joints de dilatation, sur 250 *m*	3
Diamètre de la colonne permettant, au besoin, la décharge à l'air libre dans le puits d'air.	0,095 *m*

C. — *Condenseur.*

Diamètre du piston de la pompe à air.	0,500 *m*
Course — —	0,320 *m*
Volume engendré par tour	0,080 m^3

D. — *Pompes foulantes horizontales.*

Hauteur de refoulement, au-dessus de l'axe des machines	250 *m*

Prise des eaux au fond du burquin. .	268 *m*
Diamètre des plongeurs des pompes horizontales	0,180 *m*
Diamètre des tiges (à déduire). . . .	0,085 *m*
Course du piston	0,800 *m*
Quantité d'eau théorique élevée par chaque machine et par 24 heures, pour 30 coups par minute	2 733 m^3

E. — *Colonnes de refoulement.*

Diamètre des colonnes spéciales à chaque machine dans la salle. . .	0,200 *m*
Vitesse de l'eau par seconde pour 30 tours	0,970 *m*
Diamètre du grand réservoir d'air cylindrique.	0,700 *m*
Hauteur du grand réservoir d'air cylindrique.	6,100 *m*
Épaisseur des parois en fonte. . . .	0,040 *m*
Diamètre des conduites de refoulement dans le puits d'air 0,280 *m*, 0,290 *m* et	0,300 *m*
Épaisseur des parois des tuyaux 0,030 *m*, 0,025 *m* et	0,020 *m*
Vitesse de l'eau dans la colonne pour les deux machines à 30 tours . . .	0,860 *m*

RÉSULTATS FOURNIS PAR LES MACHINES EN MARCHE RÉGULIÈRE A 30 TOURS

Rendement effectif des pompes horizontales, en eau élevée à la surface	97 1/2 0/0
Cube d'eau obtenu à la surface pour 30 tours des deux machines par 24 heures	5 318 m^3
Consommation totale de vapeur par heure et par cheval utile, en eau élevée à la surface	16,2 *kg*
Condensation totale par heure . . .	400 *l*
Pression de la vapeur aux chaudières	5 *atm*
Pression constatée au réservoir dessiccateur des machines.	4 3/4 à 5 *atm*
Degré de vide au condenseur. . . .	760

La machine d'épuisement intérieure, installée par la Société des Mines de Carmaux, dans son puits n° 1 de Sainte-Barbe, est logée dans une excavation attenante à la colonne du puits, à **200** *m* environ de la surface.

Cette machine, à deux cylindres à vapeur jumeaux commandant directement chacun deux pompes à plongeur en bronze de 0,160 *m* de diamètre, refoule d'un seul jet au jour, à une vitesse de 40 tours par minute, 4 300 m^3 d'eau en 24 heures, la pression de la vapeur au fond, étant de 4,250 *kg* dans les cylindres à vapeur, le vide étant de 700 *g* au condenseur.

Les cylindres à vapeur ont 0,640 *m* de diamètre.

La course du piston à vapeur, ainsi que celle de la pompe, est de 1,10 *m*.

La distribution de vapeur se fait par tiroir, et la détente circulaire, variable de $\frac{1}{10}$ à $\frac{7}{10}$ d'introduction, est commandée par un régulateur commun aux deux machines.

Le bâti en fonte est de la forme dite Corliss.

L'arbre a 0,325 *m* en son milieu, où se trouve calé un volant de 4 *m* de diamètre, en deux pièces, du poids de 5 000 *kg*.

Les cylindres et les pompes de chaque machine reposent sur un long bâti en fonte d'environ 7 *m* de longueur et de forme en U.

Les pompes sont reliées aux fonds des cylindres chacune par deux forts tirants supportant presque entièrement le travail de refoulement, afin de réduire au minimum le travail du bâti.

Deux petits réservoirs à air, de 1,750 *m* de hauteur et 0,325 *m* de diamètre intérieur, desservent chacun deux corps de pompe conjugués.

Le diamètre des soupapes d'aspiration est de 0,175 *m* ;

Celui des soupapes de refoulement, de 0,200 *m*.

Un condenseur, placé entre les deux machines, et mû par un excentrique, prend les eaux directement au puisard jusqu'à une profondeur d'aspiration de 5 *m*.

L'eau, à sa sortie du condenseur, tombe en charge dans les tuyaux d'aspiration des pompes, et l'excédent retourne au puisard par un tuyau de trop-plein.

La colonne amenant la vapeur du jour est en fer.

Cette pompe a été construite par M. Maillet, d'Anzin.

La machine souterraine des charbonnages de Bernissard (Belgique), installée en 1886, donne 1 800 m^3 d'eau par 24 heures, avec des corps de pompes de 0,114 *m* de diamètre, refoulant l'eau d'un

seul jet à **240** *m* de hauteur. La distribution, très soignée, permet de marcher sans inconvénients à 44 tours par minute.

La machine d'épuisement installée au fond de la mine d'Hardinghen (Pas-de-Calais) donne 2 400 m^3 par 24 heures, en marchant à la vitesse de 40 tours par minute. Elle se compose d'une machine à vapeur ordinaire à deux cylindres horizontaux, de quatre pompes foulantes à réservoir d'air commandées directement par les pistons à vapeur, et d'un condenseur.

Les cylindres à vapeur ont 0,575 *m* de diamètre intérieur et 0,70 *m* de course.

Les pompes sont à simple effet, les pistons ont 0,148 *m* de diamètre et sont attelés directement sur des pistons à vapeur.

La pompe Tangye, installée en 1883 aux mines de Béthune (Pas-de-Calais), a un débit de 1 200 m^3 par 24 heures, elle refoule l'eau d'un seul jet à 198 *m* de hauteur.

Diamètre du piston à vapeur		0,605 *m*
Diamètre du piston de la pompe		0,175 *m*
Course commune		0,900 *m*
	Intérieur.	Extérieur.
Diamètre de la conduite de vapeur	0,100 *m*	0,110 *m*
Diamètre de la conduite de refoulement	0,130 *m*	0,140 *m*
A 40 coups par minute le débit par 24 heures est de		1 206,7 m^3
A 54 coups 3/10 par minute le débit par 24 heures est de		1 594,2 m^2
A 63 coups par minute le débit par 24 heures est de		1 704,6 m^3

Les rendements correspondant à ces débits ont été de :

A 40 coups	0,970
A 54 coups 3/10	0,944
A 63 coups	0,874

On voit que le rendement maximum, à la vitesse de 40 coups, diminue quand ce nombre augmente.

La même houillère a installé au jour une machine d'épuisement à traction directe, pouvant élever 3 500 à 4 000 m^3 par 24 heures.

Diamètre du piston à vapeur	1,30 *m*
Course maxima	2,80 *m*

Les pompes à simple effet installées dans le goyau sont au

nombre de trois : l'une soulevante à 195 *m*, les deux autres foulantes à 170 *m* et 100 *m* ; la hauteur de la colonne soulevante est de 30 *m*, celle des deux foulantes est pour la première de 70 *m* et pour la seconde de 106 *m*.

Diamètre du piston de refoulement	0,450 *m*
Course.	3 *m*
Diamètre de la soulevante	0,460 *m*
Course.	3 *m*
Diamètre du corps de pompe foulante	0,465 *m*

Une pompe à colonne d'eau, du système Roux, a été installée en 1885, à la houillère du Creusot.

Les 2 000 à 3 000 m^3 d'eau fournis quotidiennement par l'étage 266 *m* se réunissent dans un bassin de dépôt de 1,90 *m* de largeur, 1,30 *m* de hauteur et 20 *m* de longueur, où le ralentissement de la vitesse produit le dépôt des poussières et l'épuration nécessaire. La chute de 85 *m* qui amène les eaux à l'étage 351 *m* est utilisée par la pompe Roux pour remonter au jour une partie de cette eau. Le diamètre de la colonne de descente est de 0,20 *m*, celui de la colonne de refoulement de 0,14 *m*. La chute d'eau refoule les 0,1222 de son volume ; elle ne pourrait remonter théoriquement que :

$$\frac{h}{\mathrm{H}} = \frac{70\ m}{349,40\ m} = 0,2003,$$

(la hauteur de la chute utilisée est de 70 *m*), l'effet utile de la pompe est donc :

$$\frac{0,1222}{0,2003} = 0,61.$$

La Société des Charbonnages des Bouches-du-Rhône a installé dans le bassin de Fuveau une machine d'épuisement à colonne d'eau, système Davey, dont l'ensemble peut se résumer ainsi qu'il suit :

A la surface de la mine, machine à vapeur compound à condensation foulant de l'eau à 42 atmosphères dans un accumulateur ; de la surface au fond, conduite d'eau sous pression, et conduite de retour de l'eau qui a travaillé ; au fond, pompes d'épuisement jumelles actionnées par l'eau sous pression.

Les pistons à vapeur de la surface transmettent directement leur puissance aux pompes par le prolongement de leur tige. Ces corps de pompes à plongeur sont à double effet, à quatre soupapes d'aspiration et quatre de refoulement à double siège ; ils envoient

2357 *l* d'eau par minute à quarante-deux atmosphères au fond du puits.

Comme le travail des pompes rotatives souterraines est continu, celui de la surface doit l'être aussi, et il n'y a pas lieu d'interposer un réservoir de travail.

Il y aurait d'ailleurs inconvénient à fournir l'eau de seconde main aux machines souterraines, puisque cela supprimerait la concordance entre les pompes de la surface et celles du fond.

L'accumulateur doit se borner exclusivement à supprimer les coups de bélier, et devient un simple régulateur de pression. Il se compose essentiellement de deux cylindres A et B et de deux pistons montés sur une même tige.

Dans le cylindre A la face postérieure du piston est soumise à l'action de la vapeur ; l'eau motrice sous la pression des freins pénètre dans le deuxième cylindre B et agit sur le piston en se rendant dans le puits.

Cet appareil est très sensible et sert de régulateur pour la machine compound, car la tige du piston conduit d'une façon continue la valve d'admission de vapeur à la machine.

L'eau sous pression de la surface se rend au fond du puits et fait fonctionner les pompes d'épuisement jumelles de la même manière que la vapeur fait fonctionner à la surface les deux pompes de pression.

Les deux pompes intérieures sont indépendantes; elles font sept courses doubles et refoulent 7 700 *l* par minute Elles peuvent fonctionner même en cas d'inondation.

La Compagnie des mines de Marihaye échelonne dans un puits plusieurs appareils permettant de capter les sources ou venues, là où elles se produisent. Un flotteur métallique, se mouvant verticalement dans une caisse fermée et à clapets, fait marcher une distribution mettant ce réservoir en communication tantôt avec la conduite d'air comprimé, tantôt avec l'atmosphère, de manière à produire l'exhaution du liquide.

On appellera l'attention sur un artifice employé aux mines d'Anzin, pour l'approfondissement de la fosse Chabaud-La-Tour, où une pompe intérieure était installée au niveau 200, on a profité de la conduite de vapeur de la pompe pour faire marcher une série de pulsomètres espacés de 32 *m*, en 32 *m*, la vapeur n'ayant que 4 *kg* de pression. Au sommet de chaque section l'eau se déversait dans une bâche où elle était reprise par un pulsomètre.

Pour surveiller le jeu des machines d'épuisement souterraines,

M. Alan C. Bagot attache au couvercle des soupapes un téléphone dans lequel un feuillet d'asbeste est interposé entre l'embouchure et le couvercle : avec un peu de pratique le machiniste peut surveiller du jour les mouvements de la soupape aussi exactement que le stéthoscope permet de suivre les battements du cœur.

POMPE A VAPEUR WORTHINGTON

Cette pompe à vapeur est à connexion directe des pistons à vapeur et à eau, et, tout d'abord, le constructeur a dû rechercher le mode de distribution le plus convenable pour ce genre de machines.

Son tiroir est du système ordinaire, mais il est mû par un levier qui parcourt toute la course ; ce mécanisme à liaisons forcées est supérieur à celui des commandes de tiroirs généralement usités.

Les machines Worthington sont jumelles, le plus souvent du système compound, le petit et le grand cylindre disposés à la suite l'un de l'autre. Leur marche est extrêmement régulière. Pendant que le piston de l'une des machines est en pleine marche la tige déplace lentement par l'intermédiaire du levier le tiroir de distribution de l'autre, de telle façon que la vapeur agisse dans la seconde pompe avant la fin de la course du piston considéré.

Cette course terminée, le piston de la seconde machine, qui a commencé à se déplacer, passe rapidement à un mouvement régulier, tandis que le premier piston, qui s'est arrêté, attend, pour recommencer sa course inverse, que son tiroir à vapeur ait été ouvert par l'autre machine. Il résulte de là un mouvement presque complètement uniforme de la colonne d'eau dans les tuyaux de refoulement.

Cette uniformité du mouvement de la colonne d'eau permet de lui donner une vitesse plus considérable et de réduire dans de notables proportions les dépenses d'installation.

De plus, pour conserver au travail de la vapeur son mode le plus avantageux caractérisé par un diagramme présentant une courbe à ordonnées décroissantes, le travail de résistance de l'eau à élever demeurant d'ailleurs constant, M. Worthington a muni sa pompe de deux cylindres oscillants, auxquels il a donné le nom de compensateurs.

Les pistons de ces cylindres oscillants sont reliés à une traverse

fixée sur le prolongement de la tige du piston à vapeur et agissant sur de l'eau en communication avec des réservoirs d'air à haute pression.

Dans la première partie de la course, alors que la puissance est supérieure à la résistance, les compensateurs refoulent l'eau et agissent en sens contraire du piston à vapeur. Dans la seconde partie de la course, alors que la puissance est inférieure à la résistance, ils agissent dans le même sens que le piston à vapeur.

SOUTÈNEMENT

FAÇONNAGE DES BOIS DE MINES

M. Sottiaux, de Bracquegnies, exposait au Champ-de-Mars une façonneuse de bois de mines, dont les couteaux circulaires taillent rapidement les biseaux ou creusent les gorges. Cet appareil paraît se répandre en Belgique. Il réalise une économie notable tant en main-d'œuvre qu'en temps.

CADRES DE MINES

De nombreuses tentatives sont faites pour substituer le fer au bois particulièrement dans les galeries ébouleuses ou de durée.

Les mines de Roche-la-Molière et Firminy exposaient trois types de cadres métalliques circulaires, de 1,80 *m* de diamètre intérieur en deux pièces assemblées par des manchons ; le premier en vieux rails de grande voie, pèse 209 *kg* ; le second en fer en U, 98 *kg* ; le troisième en acier à patin et champignon, 82 *kg*. Dans les galeries à double voie et dans les plans inclinés à chariot-porteur, le cadre est elliptique, en quatre pièces.

La Société des Houillères de Saint-Étienne emploie pour le soutènement des galeries des cercles en fer en U dont les deux tronçons sont réunis par des manchons : le blindage des parois est fait au moyen de petits fers creux demi-ronds.

Le blindage en fer est considéré à Rochebelle comme devant remplacer seulement les muraillements, trop coûteux d'établissement, et les boisages ordinaires dans les galeries qui forcent et

où les bois doivent être renouvelés souvent. Les cadres circulaires sont fabriqués avec de vieux rails de 13 à 25 *kg* ; ils sont en deux pièces reliées par des manchons en tôle. On avait essayé des manchons en fonte qui ont été abandonnés.

M. Gerrard, ingénieur des mines de Rochebelle, a publié dans le Bulletin de la Société de l'industie minérale une intéressante comparaison entre les cadres de bois et les cadres métalliques. Ceux-ci devraient être préférés au point de vue économique dès que la durée de la galerie doit dépasser quatre années.

Pour le garnissage des cadres, on préfère à Rochebelle le garnissage métallique : les vieux cercles de bennes rebutés, qui ont été employés, fléchissent assez facilement sous la pression du terrain : ils travaillent alors uniquement par traction ; ce fait a conduit à rechercher la garniture la plus flexible possible, si bien qu'on est arrivé à employer le fil de fer.

Aux mines de Liévin, l'emploi des chapeaux en fer posés sur montants en bois est assez répandu. Les chapeaux sont pris soit dans des fers spéciaux, soit dans des débris de cadres en fer hors d'usage, soit dans les vieux rails. Les cadres entièrement métalliques sont appliqués depuis dix ans. Le nombre des cadres placés dans la mine était de 8 100 au 31 mars 1889.

Le fer employé pesant 15,500 *kg* a pour profil un double T à ailes inégales, la plus large est à l'intérieur de la galerie. Les cadres sont formés par deux montants inclinés, recourbés à leur sommet en arc de cercle et reliés soit par des éclisses, soit par un manchon de fer.

Le manchon est fait avec du fer de 10*mm* d'épaisseur provenant devieilles tôles.

Les pieds des montants des cadres sont posés sur le terrain dur. ou à défaut de base convenable, sur une pièce de bois couchée à plat afin de mieux répartir la pression.

Le garnissage qui a donné les meilleurs résultats consiste en rondins de bois, de 10 à 12 *cm* de diamètre, dont les extrémités sont logées entre les deux ailes du double T ; jointifs ou écartés suivant la nature du terrain, ils maintiennent bien l'écartement des cadres, ce qui est la condition importante.

SOUTÈNEMENT EN MAÇONNERIE

On sait l'emploi qui a été fait du soutènement en maçonnerie. notamment dans les mines métallurgiques et aussi du muraillement complet pour les galeries étanches.

La Société des mines de cuivre du Mansplat a employé récemment le béton pour le revêtement d'une galerie.

Reprenant l'idée de M. Daburon, qui affaiblissait les montants du cadre, M. Léon Tellier a fait adopter depuis 1885, aux mines de Marles, un nouveau mode de soutènement. Lorsque la galerie doit avoir peu de durée, on élève de chaque côté des parements en pierres sèches, terminés par une ligne de madriers sur lesquels reposent les montants du cadre : le chapeau peut être en bois ou métallique. Si un affaissement se produit, c'est l'écrasement du mur qui aura lieu, et le cadre reste intact. Le soutènement se réduit parfois aux muraillements couronnés par des traverses métalliques.

Pour les galeries qui doivent durer plus de deux ans, les madriers qui terminent les murs en pierres sèches supportent des cadres entièrement métalliques formés de deux poutrelles cintrées et reliées entre elles par un simple boulon d'articulation autour duquel elles peuvent tourner. Lorsque le système est mis en place les deux longues branches présentent une section ogivale. La tête de l'ogive est calée contre la voûte par deux coins, et un rondin placé entre les petites branches.

DÉBOISAGE

On est parvenu à exécuter le déboisage aux mines de Marles dans des conditions économiques, grâce à l'emploi de rallonges métalliques. Celles-ci se retirent plus facilement et demandent moins de soutien que les rallonges de bois; elles permettent un bon garnissage du toit, le travail est donc plus facile dans le chantier. Le type adopté à Marles est un fer en I posé à plat, contrairement à la théorie de la résistance des matériaux, parce que la pose est ainsi plus facile et la stabilité meilleure : la flexion, le cas échéant, a lieu dans un même plan vertical, et enfin, lorsque cette flexion dépasse une certaine limite, les ailes se déchirent avant l'âme, ce qui indique que le soutènement doit être consolidé.

ABATAGE MÉCANIQUE

Les perforateurs mécaniques jouent aujourd'hui un rôle considérable, dans l'aménagement des houillères, par l'économie de temps qu'ils procurent.

PERFORATEURS MÉCANIQUES

La Société des mines de Blanzy exposait un perforateur Dubois et François modifié.

Les modifications apportées sont les suivantes :

1° Pour obtenir une plus grande rapidité dans le forage des trous de mine, on conduit l'eau d'injection jusqu'au taillant du fleuret, au lieu d'arroser seulement l'orifice du trou au moyen d'une lance ainsi que cela se faisait auparavant. Le fond du trou est ainsi toujours nettoyé et par conséquent l'effet utile du choc du fleuret est plus considérable, surtout lorsque l'on perce des trous de 1,50 *m* à 2 *m* de profondeur.

On place sur la tige du piston, à l'arrière du manchon qui reçoit le fleuret, un petit réservoir cylindrique dont les deux extrémités sont fermées par des garnitures de presse hydraulique ; pour empêcher le réservoir de suivre le mouvement de rotation de la tige, on le maintient soit au moyen d'un contrepoids, soit, ce qui est préférable, au moyen d'une tige guidée s'enfonçant entre les longerons qui portent le perforateur et s'avançant en même temps que ce dernier. On amène l'eau au réservoir au moyen d'un tuyau en caoutchouc fixé à une tubulure.

L'eau s'en échappe par un conduit intérieur qui traverse l'extrémité de la tige, passe à travers le manchon pour revenir à l'extérieur et est amenée par un petit tuyau en caoutchouc au tube en cuivre logé dans une rainure faite sur toute la longueur du fleuret ; on prend la précaution de faire passer l'eau d'injection à travers un tamis en toile métallique pour enlever les détritus qui pourraient obstruer le tuyau.

2° La seconde modification porte sur l'affût ; dans la bosseyeuse François-Dubois, celui-ci reste toujours au milieu de la galerie, ce qui donne une assez grande obliquité aux coups de parement et

par suite occasionne une dépense un peu plus considérable d'explosifs.

Pour remédier à cet inconvénient, on a disposé l'affût de façon à pouvoir facilement le déplacer perpendiculairement à la voie.

On place au milieu du chariot d'avant, et parallèlement aux deux essieux, un arbre sur lequel peut glisser un anneau fixé à la barre de fer, qui prolonge la base en fonte de ce côté ; de plus on munit l'arrière de cette base, dont on a modifié un peu la forme à cet effet, de deux galets qui peuvent rouler sur un rail spécial porté par la pièce de bois, sur laquelle on fixe l'affût lorsqu'il est en place.

La perforatrice Schram, exposée par M. Von Berg, est à action directe et peut être actionnée soit par la vapeur, soit par l'air comprimé.

Elle se compose d'un cylindre en fonte dans lequel se meut un piston, dont la tige porte le fleuret.

Le mouvement de rotation de l'outil est obtenu au moyen d'une barre tordue qui pénètre dans un écrou placé sur le fond du piston ; cette barre est supportée à son extrémité par une partie cylindrique sur laquelle elle peut tourner ; elle porte en outre une roue à rochets et sur les dents de celle-ci s'appuie un cliquet; ce dernier est pressé à sa partie supérieure par un pistonnet, sur lequel agit constamment le fluide moteur.

Quand le grand piston marche en avant, le pistonnet étant soumis à l'action de la vapeur devant et derrière, le cliquet n'est pas appuyé sur la roue à rochets ; celle-ci tourne et par suite la barre est mobile : l'outil frappe donc sans tourner. Au contraire, dans le mouvement de retour en arrière le cliquet fixe la roue, et le piston est obligé de tourner proportionnellement au pas de l'hélice de la barre. Le mouvement de progression du cylindre est obtenu au moyen d'une vis et d'une manivelle mue à la main.

La perforatrice Ingersoll est montée sur un trépied. Un plateau conique à friction emprisonné dans une genouillère, qui fournit un serrage à volonté, permet de lui donner toutes les positions.

L'avancement est fait à la main et la rotation de l'outil est obtenue automatiquement au moyen de rainures hélicoïdales placées sur le piston moteur ; cette disposition existe dans la machine Mac-Kaen.

Le piston a deux faces de surfaces inégales; l'outil perforant est en forme de Z ; son attache à la tige du piston s'effectue avec un étrier à écrou.

Cette même perforatrice peut être placée sur une double barre lisse et ronde en fer creux. Elle est alors rendue solidaire d'une grande vis, qui court sur toute la longueur de ces barres, et peut ainsi parcourir toute une ligne sur laquelle il s'agit de faire des trous. Le tout est porté sur un châssis reposant sur quatre pieds inclinés pouvant varier de hauteur de manière à avoir à volonté une inclinaison de tout le système.

PERFORATEURS A MAIN

Un des desiderata de l'exploitation serait d'armer chaque mineur d'un petit perforateur, et d'arriver ainsi à la suppression aussi complète que possible du travail au pic.

De très nombreux appareils ont été proposés. Comme tous les perforateurs, ils peuvent se diviser en appareils à percussion et appareils à rotation.

Parmi les premiers, citons celui de Burton, où le travail de l'ouvrier est employé à comprimer derrière un piston porte-outil un certain volume d'air ; puis celui de Daubresse où le fleuret est lancé en avant par la détente d'un ressort à boudin. Cette perforatrice est surtout employée dans les terrains durs.

Parmi les appareils à rotation les uns ont un avancement régulier ; leur type est le modèle d'origine anglaise appelé le Conquérant ; les autres ont un avancement variable avec la dureté des terrains. Le perforateur Lisbet, longtemps employé seul dans le Nord et le Pas-de-Calais, a été perfectionné et se trouve être aujourd'hui le plus ancien d'une série nombreuse, où nous rencontrons l'Elliot, la Charbonnière réversible, le Jubilé, la Cantin, tous trois construits par M. Bornet ; le perforateur Berthet, l'Universel dû à M. Sartiaux d'Hénin-Liétard, etc.

L'excavateur Plom et d'Andrimont se compose d'un tube en fer où se meut une vis dont l'extrémité porte des ailettes mobiles. Si la vis s'avance dans l'écrou, les ailettes sortent du tube : elles rentrent au contraire dans le mouvement de recul. Tout le système étant susceptible d'un mouvement de rotation, on peut, avec cet appareil, élargir le fond d'un trou de mine déjà foré et y former une chambre de mine.

EXCAVATEURS

Après avoir foré les grands puits de mine par sondage et d'un

seul coup, on conçoit qu'on ait été conduit à procéder d'une manière analogue, mais pour des raisons différentes, à l'exécution des galeries de mine, notamment dans les terrains de composition uniforme.

C'est avec la machine du colonel Beaumont qu'on se proposait de forer le tunnel sous la Manche.

La Société des charbonnages des Bouches-du-Rhône exposait l'outil de l'appareil Brunton, dont elle a décidé l'emploi pour le percement de la galerie d'écoulement de 15 *km* qui doit relier la concession de Gardanne à la mer. La différence essentielle entre les deux machines consiste en ce que les outils de M. Brunton sont des molettes en bédane qui détachent les éclats de roche, tandis que les outils de M. Beaumont sont des grattoirs qui mettent la roche en farine grossière.

HAVAGE

Le problème du havage est toujours à l'ordre du jour. L'Exposition montrait les nouveaux perfectionnements introduits à la haveuse Winstanley par la Société des mines de Blanzy, une nouvelle haveuse à mouvement excentrique, due à M. Paul Fayol, la haveuse électrique de Sperry et celle d'Ingersoll, mue par l'air comprimé.

La haveuse Ingersoll est montée sur roue. L'axe du cylindre est perpendiculaire à l'essieu : le mouvement d'avancement ou de recul de l'outil a lieu en vertu de la différence des surfaces d'avant et d'arrière du piston. Deux petits brancards à poignées en fer, placés en arrière du piston, permettent à l'ouvrier de faire occuper à sa haveuse toutes les positions devant le front de taille. L'outil ne tournant pas, le ciseau qui le termine coupe toujours verticalement.

La haveuse électrique de Sperry agit aussi par percussion. L'outil est fixé à l'extrémité d'un cylindre en acier dont l'autre extrémité est reliée par une bielle à un plateau manivelle, calé sur un arbre mû par le moteur électrique au moyen d'engrenages. Ce plateau-manivelle est composé de deux parties : un disque intérieur placé sur un arbre et portant sur sa circonférence des dents formant rochet, et un collier auquel est fixé le maneton de manivelle et portant à l'intérieur des ressorts formant cliquet. La dynamo n'agit que pendant le mouvement de retraite de l'outil; son effort sert à comprimer un ressort qui, en se détendant, projette vivement le couteau contre la veine de charbon.

La haveuse Fayol se compose essentiellement d'une lame plate dentée, fixée sur une bielle animée d'un mouvement excentrique analogue à celui des bielles d'accouplement d'une locomotive. Le moteur est une machine à air comprimé, à deux cylindres conjugués. L'appareil, monté sur roue, circule aisément sur les voies de mine. Pendant le havage, il repose sur quatre patins.

La partie supérieure peut tourner sur le chariot, ce qui permet de faire pénétrer l'outil dans le massif. Une chaîne fixée à l'extrémité du chantier et passant sur une roue à empreintes donne l'avancement automatique. La haveuse est symétrique et peut faire le havage à droite ou à gauche.

Après de nombreux essais de havage mécanique, on a reconnu à Blanzy qu'avec les couches puissantes de la concession le point du front de taille le plus favorable pour faire le havage se trouvait à 0,90 *m* ou à 1,10 *m* du sol et que la profondeur de ce havage devait être de 1,10 *m* à 1,20 *m*, pour ne pas nécessiter un boisage trop dispendieux.

De toutes les haveuses essayées, celle de Winstanley avait donné les meilleurs résultats; on fut conduit à la perfectionner de la façon suivante :

Toute la partie mécanique, destinée à donner le mouvement de rotation à la roue dentée, se trouve au-dessous de celle-ci. Elle se compose de deux cylindres à fourreau (course du piston 140 *mm*, diamètre du cylindre 260 *mm*, diamètre du fourreau 120 *mm*). Ces deux cylindres actionnent un arbre coudé, portant à la partie inférieure un pignon engrenant avec une roue montée sur un deuxième arbre vertical. Tout ce mécanisme, y compris celui de distribution des tiroirs, est placé dans une caisse en tôle complètement fermée de façon que les poussières ne puissent y pénétrer; des graisseurs sont placés à l'extérieur de la caisse et conduisent l'huile aux différents points nécessaires. Le deuxième arbre dépasse la partie supérieure de la caisse et se termine par le pignon qui doit actionner la roue portant les dents: celle-ci est soutenue par un bras en acier comme dans la haveuse primitive Winstanley; elle a 1,50 *m* de diamètre au lieu de 0,80 *m*. Les dents sont également modifiées, elles sont au nombre de 28 et, au lieu d'être à fourche et de trois modèles différents, toutes sont droites; mais les logements de ces dents dans la roue offrent quatre par quatre des inclinaisons différentes par rapport au plan de la roue, de façon que le havage qui a 0,08 *m* de hauteur soit obtenu par quatre rainures. L'échappement se fait à

l'intérieur de la caisse et un tuyau en conduit une partie sous le pignon qui commande la roue, de façon à éviter en cet endroit l'accumulation des poussières.

Pour empêcher les poussières d'encombrer la voie sur laquelle la machine s'avance, on les recueille dans un couloir ayant un côté mobile qui peut s'appuyer sur le front de taille en suivant les sinuosités, et d'où elles sont évacuées au moyen d'une vis sans fin dont le mouvement est pris sur le deuxième arbre : cette vis les rejette à l'arrière de la machine.

Une disposition analogue à celle de la haveuse Winstanley, mais plus forte, permet de faire pénétrer la roue dans le front de taille ou de la sortir.

Les roues qui supportent la haveuse pendant le travail sont à gorge et placées aux extrémités de la caisse pour obtenir la plus grande solidité possible ; elles sont montées sur crémaillères, de façon à faire varier dans de certaines limites la hauteur à laquelle on fait le havage. Le grand écartement de ces roues et leur forme rendaient difficiles les déplacements de la machine sur les voies ordinaires des galeries ; aussi a-t-on placé sous la caisse deux autres essieux très rapprochés avec roues à boudin qui permettent de la manœuvrer presque aussi facilement qu'un chariot. Lorsque la machine doit être déplacée, on relève les roues à gorge au moyen de leurs crémaillères pour faire porter les autres roues. La roue dentée est fixée sur son bras au moyen de quatre boulons qui permettent de l'enlever lors de ces déplacements.

Avec l'ancienne haveuse, l'avancement se faisait en la tirant avec un treuil placé à l'extrémité du front de taille ; maintenant on l'obtient par une noix avec chaîne placée dans la caisse de la machine et pouvant être mise en mouvement soit au moyen d'engrenages et d'une manivelle, soit au moyen d'un petit cylindre spécial à air comprimé qui permet d'obtenir la vitesse que l'on désire.

Avec la haveuse exposée, deux ouvriers suffisent à conduire le travail : l'un se tient à la machine pour accélérer ou modérer le mouvement de pénétration ou de translation ; le second enfonce des coins en bois dans la rainure en arrière de la machine pour empêcher les chutes de charbon et éviter qu'il ne pèse sur la roue dentée.

Nous citerons encore diverses haveuses usitées en Angleterre :

Dans la haveuse Baird, les couteaux sont portés par une sorte de chaîne sans fin à maillons très rigides. Cette chaîne s'enroule sur

deux roues dentées dont l'une est placée sur le bâti de la machine et reçoit le mouvement, tandis que l'autre est à l'extrémité d'un bras très résistant parallèle au front d'attaque de l'outil.

La machine porte deux bras et par suite deux chaines semblables, afin de couper le charbon en avant et latéralement, ce qui double le front d'attaque.

Dans la haveuse Bower Blackburn et Mori, l'outil se compose principalement d'une barre armée de lames ou couteaux de forme étoilée qui décrit un quart de cercle dans le massif de charbon qu'il entaille sur une profondeur de 1 *m* environ.

L'outil de la haveuse Carett Marshall est une barre sur laquelle sont fixés des couteaux. La barre est animée d'un mouvement de rotation autour de son axe; l'ensemble fonctionne donc comme une sorte de tarière dont l'avancement serait latéral. Le chariot est disposé de telle sorte que la barre peut prendre une direction quelconque. La machine est à pression d'eau avec une dépense par minute de 135 *l* d'eau sous une pression de 20 *atm*.

Elle est d'un usage régulier dans les houillères de l'Écosse, du Northumberland, des comtés d'York, de Stafford, dans les mines de fer du Cleveland.

ABATAGE SANS EXPLOSIFS

L'abatage sans explosifs a fait de nouveaux progrès. Le tirage des mines est devenu un fait exceptionnel à Liévin ; grâce à l'emploi des perforateurs à main et du coin multiple d'Elliot, cette transformation a pu s'opérer sans augmentation de prix de revient.

Après le coin Elliot, nous devons citer ceux de Burnett, d'Haswell, de Bell et Ramsay.

Nous mentionnerons aussi la Cartouche hydraulique de M. Levet.

Le principe de cette cartouche est l'augmentation en volume partant de 0, pour atteindre un diamètre de 0,70 *mm* sur une longueur de 1 *m* environ.

Le tube est aplati et présente alors une largeur de 0,100 *mm* et ressemble ainsi à un tube de manomètre entièrement plat. Ce tube est introduit dans un trou de mine de 0,100 *mm* de diamètre. Le vide est rempli par un bourrage énergique. Une presse hydraulique, distante de 2 *m* pour éviter les atteintes en cas de chute de charbon, envoie la pression d'eau à l'intérieur de la cartouche. On obtient ainsi presque immédiatement, sur une surface de

1 *m* de long ou 0,100 *mm* de large, une pression de 1 000 *atm*, soit 1 000 000 *kg* par centimètre carré.

Le coin Walcher pèse seulement 68 *kg*, en y comprenant le poids de l'appareil hydraulique destiné à produire la pression nécessaire. Comme fluide compresseur, on préfère la glycérine qui préserve de la rouille et agit en même temps comme matière lubrifiante.

De nombreuses applications des coins hydrauliques ont été faites en Angleterre, en Westphalie, dans le bassin de Saarbruck, aux charbonnages du Hazard, en Belgique, etc.

Aux mines de Blanzy on emploie exclusivement la bosseyeuse Dubois-François.

La bosseyeuse a permis de supprimer l'emploi des explosifs dans le percement des galeries en roc. Il faut, pour assurer l'effet des coins, tracer avec la bosseyeuse un havage sur une profondeur de 0,80 *m* environ. On peut faire cette rainure par deux procédés différents. Le premier, réservé aux roches dures, s'obtient en creusant une série de trous de 0,06 *m* à 0,08 *m* de diamètre aussi rapprochés que possible ; on enlève ensuite, au moyen de fleurets en forme de scie, les intervalles. Lorsque la roche est moins dure, on fore les deux trous extrêmes pour limiter la rainure, puis on fait travailler le fleuret en déplaçant constamment la machine d'une extrémité à l'autre au moyen d'une vis sans fin. Les coups de fleuret ainsi juxtaposés finissent par former le havage.

Le déchaussement de la roche ainsi fait par un procédé ou par l'autre, on creuse des trous de 0,80 *m* de profondeur où l'on place les coins ; puis le fleuret est enlevé et remplacé par une masse qui agit comme un marteau pour frapper sur la tête des aiguilles.

EMPLOI DES EXPLOSIFS

Dans ces dernières années, une des questions qui ont le plus préoccupé, tant en France qu'à l'étranger, les Ingénieurs des mines, a été l'emploi des explosifs en présence du grisou, et c'est ce point de vue de la question que nous nous bornerons à examiner ici en analysant le rapport approfondi présenté par M. l'Inspecteur général Mallard au Congrès international de mines et de la métallurgie.

Dans certains cas, et même dans l'ensemble de certaines mines, on a été conduit à supprimer complètement l'emploi des explosifs pour l'abatage de la houille. Toutefois, des recherches se sont

portées sur la découverte d'explosifs moins dangereux que ceux en usage.

D'une manière générale, l'inflammation se propage très différemment dans les substances déflagrantes analogues à la poudre noire et les substances explosives proprement dites. Les premières, ayant une combustion relativement lente, produisent leur effet mécanique de rupture avant décomposition complète : leur emploi doit donc être absolument proscrit dans les mines à grisou. Dans les secondes, la réaction se propage avec une vitesse qui atteint et dépasse 5 000 *m* à la seconde.

C'est à cette propagation spéciale qu'on donne le nom d'onde explosive. Il est évident que dans ces conditions toute combustion sera terminée avant qu'aucun effet mécanique ait pu se produire. La masse des gaz produite par l'explosion se trouve, immédiatement après celle-ci, à une température et une pression très élevées. Le travail demandé à cette masse de gaz avant de lui permettre de se mélanger à l'atmosphère de la mine abaissera considérablement sa température.

La sécurité parfaite, impossible avec l'emploi de la poudre noire, devient donc possible avec un explosif convenablement choisi.

La sécurité procurée par cet explosif sera d'autant plus grande que le travail qui lui est imposé à poids égal est plus grand : que l'explosif est mieux et plus complètement bourré dans le trou de mine ; que la masse de l'explosif est moins considérable.

Enfin les études très complètes faites sur ces substances ont montré que l'aptitude à la détonation n'a rien d'absolu ; elle dépend de l'intensité du choc qui la met en œuvre et de l'état physique de l'explosif. Une substance dont la détonation ne peut être provoquée par une capsule de fulminate pourra détoner si l'on interpose entre elle et la capsule un autre explosif.

Les travaux qui ont amené ces conclusions indiquent la nécessité de l'usage des produits azotés essentiellement brisants.

Parmi les mélanges qui paraissent répondre le mieux aux desiderata des mineurs, on peut citer :

Les mélanges de dynamite n° 1 et d'azotate d'ammoniaque dans lesquels la proportion de dynamite ne dépasse pas 40 0/0 ;

Les mélanges de dynamite-gomme et d'azotate d'ammoniaque dans lesquels la proportion de dynamite-gomme ne dépasse pas 30 0/0 ;

Les mélanges de coton-poudre octonitrique dans lesquels la proportion de coton-poudre ne dépasse pas 20 0/0;

Les mélanges de binitrobenzine et d'azotate d'ammoniaque dans lesquels la proportion de binitrobenzine ne dépasse pas 10 0/0.

Ces divers explosifs ont été expérimentés avec succès dans les mines d'Anzin, de Firminy, de Blanzy et de Ronchamp en 1888 et 1889.

M. Favier exposait dans la section belge une nouvelle série de substances explosives où les éléments azotiques sont simplement juxtaposés aux éléments hydrocarbonés. On peut déterminer leur détonation en augmentant convenablement la force de l'ébranlement moléculaire initial. Le nitrate d'ammoniaque complètement desséché est enrobé dans la substance hydrocarbonée, qu'on doit lui associer préalablement fondue ; après mélange parfait, la matière est moulée et comprimée dans des cartouches. On peut citer comme exemple de ces nouvelles poudres le mélange de nitrate d'ammoniaque et de mononitronaphtaline. Chacune de ces substances prise isolément ne présente aucun danger, le mélange seul est explosif.

On doit à M. l'Inspecteur général Mallard la classification des explosifs ci-après :

Explosifs simples. . . .	Donnant naissance à des produits combustibles. Donnant naissance à des produits comburants ou non combustibles (nitroglycérine, nitromanite, azotate d'ammoniaque, chlorate).
Explosifs binaires *1re classe.*	Donne après détonation des produits qui ne réagissent pas les uns sur les autres. I. Mélange d'un explosif et d'une substance non explosive, indécomposable par la détonation (dynamite). II. Mélange d'un explosif et d'une substance non explosive mais décomposable par la détonation en absorbant de la chaleur (mélange de dynamite et de carbonate de soude. — Wetterdynamite, grisoutite). III. Mélange de deux explosifs comburants (mélange de dynamite et d'azotate d'ammoniaque).
Explosifs binaires *2e classe.*	Donne après détonation des produits qui réagissent les uns sur les autres. I. Mélange d'un explosif à produits combustibles et d'une substance non explosive destinée à fournir de l'oxygène (coton-poudre et azotate de baryte, poudre pyroxylée). II. Mélange d'un explosif comburant et d'une substance non explosive combustible (mélange de naphtaline et d'azotate d'ammoniaque). III. Mélange d'un explosif comburant et d'un explosif combustible (dynamite-gomme. — Explosifs Favier).

M. Charles Plumier, Ingénieur au corps des Mines de Belgique, a classé comme suit les divers explosifs :

Division des explosifs en 4 classes :

I. Explosifs à base de nitroglycérine.

La nitroglycérine peut être mélangée à des substances chimiquement inertes.
— — à des substances qui participent à l'explosion.

1° *Base inerte.* — Dynamite à la Kieselguhr, grasse ou sèche, suivant la proportion de nitroglycérine.
— Dynamite à la Guhr (75 0/0 de nitroglycérine);

2° *Base active.* — Gélatine explosive ou gélatine-gomme (92 0/0 de nitroglycérine et 8 0/0 de coton-poudre).
— Gélatine dynamite ou dynamite-gomme = gélatine explosive + un mélange de 75 0/0 de salpêtre, 24 0/0 de sciure de bois et 1 0/0 de carbonate de soude.

Il en existe différentes espèces : Gomme n° 0, 8 ou 10 0/0 de mélange sec.
Gomme n° 1, 35 0/0 —
Gomme n° 2, 55 0/0 —
Gomme n° 3, 65 0/0 —

On peut y ajouter : La Paléine, 30 à 50 0/0 de nitro-glycérine + 70 à 50 0/0 de paille d'avoine nitrifiée ;
La Forcite, 40 à 67 0/0 de nitroglycérine gélatinisée + 60 à 23 0/0 d'un mélange, sciure de bois nitrifiée, azotate de soude, dextrine;
La Mélénite, analogue à la forcite. Le nitrate de potasse remplace le nitrate de soude.

II. — La nitroglycérine est incorporée à des substances volatilisables à haute température.

Grisoutite : dynamite Guhr + sel cristallisé avec eau de cristallisation (carbonate de soude, sulfate de magnésie, sulfate de soude).

Dynamite à l'ammoniaque, 40 0/0 de dynamite Guhr, 40 0/0 de carbonate ou azotate d'ammoniaque, 10 0/0 d'azotate de potasse.

La Commission française du grisou divise les explosifs binaires à base de nitrate d'ammoniaque en deux classes :

1° Les gaz produits par la déflagration ne réagissent pas l'un sur l'autre ;

2° Les gaz produits par la déflagration peuvent réagir l'un sur l'autre.

La dynamite à l'ammoniaque rentre dans le 1°. La Commission française conseille, pour avoir une explosion d'absolue sécurité, d'employer 80 0/0 de nitrate, auquel cas la force explosive est les 3/4 de la dynamite Guhr. Parmi les explosifs correspondant au 2°, la Commission française a étudié le mélange de fulmicoton et nitrate d'ammoniaque, 85 0/0 de nitrate.

Autres explosifs essayés : Dynamite Guhr et chlorydrate d'ammoniaque,
Dynamite Guhr et poussières de houille,
Dynamité Guhr et carbonate d'ammoniaque.

III. — Produits de l'action de l'acide nitrique sur la cellulose.

Fulmicotons nitratés employés en Angleterre :
Tonite, mélange à poids égaux de coton-poudre et nitrate de baryte.
Potentite, mélange de coton poudre et nitrate de potasse.

Nitrocelluloses solubles préparées avec de l'acide plus étendu que celui employé pour le fulmicoton. Elles servent pour la fabrication des gélatines gommes, forcites et paléines.

IV. — Succédanés de la nitroglycérine.

Explosifs de Sprengel. — Substances inexplosibles qui, mélangées, sont douées de propriétés explosives.
Mélange de 1 de nitrobenzol pour 1 1/2 d'acide nitrique concentré.
Mélange de 1 de dinitrobenzol pour 2 1/2 d'acide nitrique concentré (hellhoffite).
On en fabrique également à la trinitrobenzine.

La *Carbonite* est une hellholfite à la Guhr où l'acide nitrique est remplacé par du salpêtre ou du nitrate de baryte.

Explosif Favier. — 9 parties de mononitronaphtaline + 91 parties de nitrate d'ammoniaque, l'explosif est fortement comprimé dans la cartouche.

Bellite. — 80 0/0 de nitrate d'ammoniaque et 20 0/0 de trinitrobenzine.

Sécurite. — Analogue, mais contient en plus nitrate de soude, trace de naphtaline et résine nitrée.

Roburite. — Nitrate d'ammoniaque et chloronitrobenzol.

POUSSIÈRES DE CHARBONS

La discussion soulevée sur l'influence des poussières charbonneuses dans les accidents survenus dans les mines ne cesse point d'être très vive.

De nombreuses expériences ont été faites. Rappelons celles de M. le professeur Abel pour étudier le rôle des poussières de la houille dans les explosions de Seaham et Penygraig, les expériences de la Commission prussienne du grisou à la mine de Kœnig, près de Neunkirchen (bassin de Saarbrück), dirigées par M. Hilt, ingénieur des mines à Dortmund. Le rapport de M. Hilt conclut au peu de danger des poussières seules, mais au danger très grand d'une atmosphère poussiéreuse renfermant en outre 3 0/0 de grisou.

MM. Mallard et Le Chatelier ont, à plusieurs reprises, discuté cette influence. Dans une publication récente, M. Macquet, Ingénieur au corps des mines du royaume de Belgique, admet l'influence prépondérante des poussières dans les explosions.

ARROSAGE DES GALERIES

Comme moyen préventif contre les explosions dues aux poussières de charbon, on n'a proposé jusqu'ici que l'arrosage du sol. Des essais ont été faits à Blanzy, à Saint-Éloy, au puits Jabin.

MM. Archer et Robson ont construit un tonneau de 450 *l*, tournant sur lui-même dans un plan vertical. L'eau sort pulvérisée et retombe en fines gouttelettes sur le sol. Il faut repasser plusieurs fois. On peut avec cet appareil arroser 1 500 *m* de galerie en une heure. Il figurait à l'Exposition minière de Newcastle-on-Tyne en 1887.

On a essayé enfin de maintenir le sol humide dans les galeries poussiéreuses en y répandant du chlorure de calcium.

BOURRES DE SURETÉ

Il est incontestable, à un point de vue plus restreint, que les bourres de charbon fin sont dangereuses; d'ailleurs, quel que soit le procédé employé, l'explosion arrachera infailliblement une forte proportion de poussières aux parois du fourneau. Aussi, M. Macquet estime qu'un explosif ne serait pas de sécurité s'il ne résistait point à un traitement d'épreuves avec bourres de poussières de charbon et que les plus inflammables conviendront le mieux dans ce but.

Cet Ingénieur fait en même temps connaître une série d'expériences fort intéressantes, exécutées aux Charbonnages des Produits à Flénu. Les procédés d'abatage mécanique, dit-il, donnent beaucoup d'étincelles dont quelques-unes sont susceptibles d'enflammer les mélanges grisouteux. C'est donc aux explosifs qu'il faut demander la sécurité du minage. M. Macquet persiste à défendre à ce point de vue les bourres à l'eau et la cartouche Settle et donne surtout la préférence aux explosifs, tels que la grisoutite, qui renferment un sel capable d'absorber une grande partie de la chaleur des gaz en se décomposant.

Cependant, en France, les essais de bourrage à l'eau n'ont pas donné les résultats qu'on avait espérés. L'eau, en se volatilisant, devait absorber une grande quantité de chaleur et par suite abaisser notablement la température des gaz, mais l'effet des explosifs est trop instantané pour produire cette volatilisation et l'eau semble se comporter seulement comme une matière plastique. Ce qu'il faut surtout obtenir, c'est une grande densité de chargement. Il est par suite utile de garnir le fond du trou d'une matière plastique, telle que l'argile humide, et d'employer une matière semblable pour les premiers éléments du bourrage, afin de remplir le vide laissé entre les parois et la cartouche. Les bourres d'eau gélatinisée, de MM. Chalon et Guérin, ont donné sous ce rapport de bons résultats.

M. Chalon estime qu'il faut faire en sorte que, dans les mines à grisou, ni l'explosif ni le bourrage ne contiennent de matières susceptibles de s'échauffer jusqu'au point de devenir incandescentes.

MODE D'ALLUMAGE

Les mèches de sûreté, si parfaites qu'elles puissent être, et

l'Exposition en montrait un grand nombre de très bonne fabrication, présenteront toujours un inconvénient par suite de la nécessité d'enflammer l'extrémité à l'air libre.

MM. Héath et Frost, en Angleterre, proposent d'y remédier au moyen d'une lampe de sûreté d'une construction spéciale. La mèche est engagée dans un tube traversant horizontalement la lampe; l'extrémité intérieure de ce tube peut alors être débarrassée de son obturateur. Une petite broche en fer, mobile dans la lampe, est portée dans la flamme, et, une fois au rouge, enflamme l'extrémité de la mèche. Celle-ci est retirée après fermeture des obturateurs.

Il semble toutefois qu'on réaliserait un progrès en supprimant l'emploi de la mèche de sûreté.

On a préconisé en Autriche, il y a deux ou trois ans, l'emploi d'amorces de friction, semblables à celles de l'artillerie, et adaptées à l'usage des mines par M. Lauer, lieutenant-colonel du génie autrichien. Les essais faits en Silésie, et par M. François aux mines d'Anzin, ont été satisfaisants, mais la corde attachée au rugueux de l'amorce ne peut être indéfiniment longue et l'ouvrier ne pourra point s'éloigner beaucoup.

On aura, par contre, tout l'éloignement désirable avec la mise de feu par l'électricité, si répandue aujourd'hui.

Rappelons les amorces électriques de Scola d'Abbey, de Nobel, et, parmi les exploseurs, la machine d'Ebner et celle plus perfectionnée de Bornhardt, utilisant toutes deux l'électricité statique; le coup de poing Bréguet et autres appareils fondés sur la propriété de la self-induction; enfin, toutes les machines dynamos.

Dans les mines à grisou, on doit renoncer aux appareils susceptibles de donner des étincelles. On est donc amené à recourir aux appareils faisant rougir un fil métallique par un courant à faible tension. Les piles étant d'un emploi fort incommode dans les mines, on leur préfère les dynamos. Mais il faut prendre des précautions pour éviter les étincelles aux balais.

La Commission belge donne au contraire la préférence aux courants à grande tension, les étincelles qu'ils sont capables de produire pouvant être, d'après elle, aisément évitées.

Un courant dont l'intensité augmente progressivement peut décomposer le fulmicoton dont il est entouré dans l'amorce avant de produire son inflammation et occasionner un raté. MM. Manet frères présentaient à l'Exposition une dynamo donnant immédiatement un courant assez intense pour parer à cet inconvénient et

assurer en même temps la simultanéité de plusieurs coups de mine montés sur le même circuit. Les pièces sont mises en mouvement rapide avant de fermer celui-ci; la fermeture se produit seulement lorsque la vitesse de rotation a atteint une valeur déterminée. Il se produit alors instantanément un courant intense susceptible de rougir à la fois tous les fils fins métalliques placés dans le circuit.

Pour déterminer la simultanéité des coups de mines, on étudie en ce moment l'emploi d'un cordeau détonant où la vitesse de propagation d'inflammation est de 5 200 *m* à la seconde.

TRANSPORTS

TRAINAGE MÉCANIQUE

La tendance de concentrer tous les efforts de l'extraction sur un nombre de sièges limités se manifeste aujourd'hui très nettement. Aussi, voyons-nous la traction mécanique se développer dans les travaux souterrains.

En Angleterre, on semble préférer la traction par càbles en fil d'acier. Sur le continent, l'emploi des chaines a prévalu. L'énumération des installations de ce genre faites depuis dix ans serait longue, mais il faut pourtant faire quelques citations.

Aux charbonnages des Bouches-du-Rhône existe une chaine flottante de 3 500 *m*. Ce trainage comprend deux chaines distinctes commandées par le même moteur situé au point culminant du parcours.

Aux charbonnages du Hazard, une chaine de 3 200 *m* peut transporter 1 000 *t* de charbon en huit heures.

A Mariemont, on installe au siège Saint-Arthur un réseau de chaînes flottantes dont le développement ne sera pas inférieur à 2 000 *m;* à la fosse Sainte-Henriette, le réseau doit atteindre prochainement le chiffre de 2 500 *m*. Le réseau total de la concession est de 9 *km*. Pour communiquer le mouvement à toutes ces chaines, trois systèmes principaux ont été employés : on utilise la vapeur dans un moteur spécial installé au fond, ou bien le mou-

vement est transmis de la surface du sol par un câble sans fin; le troisième système est automoteur et consiste à faire descendre les charbons à un niveau inférieur à celui de l'étage en exploitation, en utilisant le travail de cette descente pour provoquer le traînage sur des voies horizontales. C'est alors la machine d'extraction qui doit élever les produits d'une plus grande profondeur et paie ainsi indirectement la force nécessaire pour effectuer le traînage horizontal.

A Blanzy, la traction mécanique installée au puits Jules Chagot mérite d'être citée pour la disposition ingénieuse des pentes utilisées non seulement pour le passage des courbes, mais aussi pour conduire automatiquement les wagons pleins à l'accrochage une fois qu'ils ont quitté la chaîne et ramener de même les vides ou les wagons de remblais. Deux fils métalliques suivent les galeries au toit; en les réunissant à la main, on ferme le circuit d'un courant électrique qui actionne un signal près de la machine motrice; on peut, par ce moyen, correspondre à tout instant avec le mécanicien d'un point quelconque du traînage, condition nécessaire à la sécurité. Ce mode de signaux est une importation venue des mines de Clifton, dans le Derbyshire (Angleterre).

A Silksworth Colliery, dans le bassin de Newcastle, un traînage par corde-tête et corde-queue se développe sur une longueur de 2040 *m* en deux sections.

A Bearpark Colliery, dans la même région, les wagons attelés en train au câble ont une vitesse de 8 *m* par seconde sur un parcours de 1 600 *m*.

Dans la mine Dukinfield (Lancashire), les wagons sont remorqués sur une pente de 24° et de 900 *m* de longueur : ce plan incliné part immédiatement du fond du puits à la profondeur de 627 *m*.

Pour tous les traînages par câbles, la poulie Fowler, malgré son prix élevé et son entretien coûteux, est d'un usage général en Angleterre par suite de l'adhérence parfaite obtenue avec minimum d'usure.

En France, on emploie souvent la poulie Champigny, qui donne également de très bons résultats et dont deux modèles figuraient dans la classe des mines à l'Exposition. La poulie Champigny est une modification de la poulie à gorge angulaire : le coincement du câble qui se produit dans celle-ci détermine bien l'adhérence, mais cette adhérence dépend de l'angle de la gorge, qui est variable par suite de l'usure. M. Champigny, en donnant

à la gorge un profil convenable, maintient la surface usée constamment parallèle à elle-même; par suite, l'angle de la gorge et l'adhérence restent constants. De plus, l'une des couronnes qui forment la poulie est mobile par rapport à l'autre, ce qui permet de la rapprocher de toute la largeur de l'usure en rentrant ainsi dans des conditions de fonctionnement identiques à celles du début.

Le traînage par chaîne flottante rend aussi de grands services pour faciliter les transports au jour dans des conditions particulières. C'est ainsi que M. l'Ingénieur A. Brüll a installé ce mode de transport aux mines d'Aïn-Sedma, situées dans la province de Constantine, à 6 *km* à vol d'oiseau de la Méditerranée et à l'altitude de 706 *m*. La ligne prend naissance au débouché de la principale galerie de la mine et aboutit au bord de la mer, rachetant dans son ensemble une différence de niveau de 698,57 *m*. La longueur totale est de 7 160 *m*. Par suite des paliers et des rampes, la pente moyenne est de 0,155 *m* par mètre. Le parcours total a été décomposé en six sections. Une station tête de section se compose :

1° D'une poulie motrice sur laquelle s'enroule la chaîne en faisant un tour et demi ou deux tours et demi;

2° D'une poulie à simple gorge qui sert de renvoi à la chaîne de la section supérieure : cette poulie est folle sur l'arbre vertical;

3° D'un frein à ailettes régulateur;

4° D'un frein ordinaire à sabots à l'aide duquel on peut opérer l'arrêt de la chaîne sur toute la section.

Une station de transmission entre les alignements d'une même section se compose simplement de deux poulies motrices calées sur un même arbre. Au passage des stations, les berlines abandonnent d'elles-mêmes la chaîne pour aller rejoindre la suivante, grâce aux pentes ménagées.

Une installation toute semblable a été faite aux mines de Fillols dans les Pyrénées pour franchir une longueur de 12 *km*.

M. A. Brüll a construit plus récemment aux mines de fer de Dicido (province de Santander, Espagne), une chaîne flottante de 2 954 *m*, rachetant une différence de niveau de 341,13 *m*. Les conditions et les difficultés du terrain ont conduit à composer la voie de sept alignements. Pour éviter la traversée d'une route à mi-côte, M. Brüll a terminé le 4e alignement par un palier qui aboutit à l'orifice d'un puits de 13,50 *m* de profondeur. Une balance sèche dessert le puits, tandis que la chaîne franchit cette chute à l'aide

de galets verticaux convenablement disposés. A la partie inférieure du puits, la chaîne reprend les berlines qui reviennent au jour par une galerie maçonnée de 29 *m* de longueur. La ligne comprend deux autres ouvrages d'art, une galerie de 104 *m* de longueur et un pont de 82 *m* en 6 travées sur l'estuaire du Miono.

La Société franco-belge des mines de Sommorostro présentait à l'Exposition le modèle de sa belle installation par câbles et plan. Le plan est toujours automoteur, seulement les wagons sont attelés en train et conduits par un câble au lieu d'une chaîne. La machinerie se compose d'un grand tambour de 5 *m* de diamètre dont l'enveloppe en tôle de 0,020 *m* d'épaisseur est supportée par trois forts croisillons en fonte. Celui du milieu porte une roue dentée qui actionne un pignon calé sur l'arbre du frein à ailettes. Ce frein est formé de quatre ailettes droites en fer et bois de 2 *m* environ de largeur et de 5 *m* de diamètre extérieur. Les deux croisillons extrêmes du tambour portent des jantes destinées à recevoir des freins à rubans solidaires. Les deux câbles sont en acier d'un diamètre de 0,040 *m*. Pour assurer leur enroulement régulier sur le tambour, on a donné à ce dernier la forme de deux troncs de cônes réunis à la base. Le tambour, situé environ à 60 *m* en arrière de la tête du plan, est supporté par deux solides massifs en pierre d'une hauteur suffisante pour permettre en dessous la circulation des trains qui viennent se former en tête du plan.

PLANS AÉRIENS

Les transports par câbles aériens ont continué à être utilement employés dans les pays accidentés ou dans ceux qui ne permettent pas de se servir du sol pour une cause quelconque.

On distingue deux types principaux de chemins aériens : dans le premier, le câble même qui porte le véhicule est animé d'un mouvement de translation ; dans le second, le câble qui sert de support est fixe, le mouvement de translation étant donné par un câble spécial.

Les modes d'attelage varient beaucoup. En général on recherche, comme dans les systèmes Beer et Otto, un attelage avec déclanchement automatique à l'arrivée, qui permet au wagonnet de s'engager lui-même sur une voie de garage.

Un chemin de fer funiculaire de 4 500 *m* a été installé en 1887 par la Société des Hauts Fourneaux luxembourgeois à Esch-sur-l'Alzette (Luxembourg).

Une différence de niveau de 75 *m*, à l'avantage des wagonnets pleins, permet d'employer une machine motrice de 30 à 40 chevaux seulement.

Une suite de chevalets supporte deux câbles fixes servant de voie de roulage pour l'aller et le retour.

Les wagonnets, supportés par un cadre en fer et deux roues en prolongement l'une de l'autre, sont tirés par un câble d'acier sans fin auquel on les fixe à volonté.

Le câble mobile est mis en mouvement par un tambour autour duquel il s'enroule trois fois. Le tambour est actionné par la machine à vapeur.

L'attelage au câble fixe se fait au moyen du frein Thomas Otto. Celui-ci se compose d'un disque fixe et d'un disque mobile qui s'en rapproche à la distance voulue lorsque l'on relève la manivelle dont le manchon est fileté; un petit cran d'arrêt à ressort pénétrant alors dans un logement empêche la manivelle de retomber. A l'arrivée, le levier bute contre un obstacle fixe et soulève le cran d'arrêt et son ressort; un second obstacle fait immédiatement basculer la manivelle. Le wagonnet séparé du câble mobile s'engage de lui-même sur les rails fixes qui forment le quai de déchargement Une fois vidé, il est ramené sur le câble fixe puis attelé au moyen d'un demi-tour de la manivelle du frein. Les chevalets sont réduits à la seule largeur des fers plats dont ils se composent. Ils sont espacés de 50 *m* en 50 *m*.

Les deux derniers chevalets de chaque extrémité de la ligne sont seuls maintenus par 4 câbles fixés au sol.

Les câbles fixes sont tendus par des poids de 8 000 *kg*.

Le câble de halage est supporté par des galets mobiles.

Les wagonnets se suivent à 60 *m*. Au milieu du parcours la voie faisant un coude, un déraillement automatique se produit pour séparer le wagonnet du câble mobile pendant qu'il passe sur une poulie. Deux hommes sont nécessaires pour cette station.

Pour le transport funiculaire de Vajna-Hunyad à Vadudobri, en Transylvanie, le parcours est de 31 *km*, en huit sections variant de 1 800 à 5 300 *m*. Les stations motrices sont installées au milieu de chaque section.

TRACTION MÉCANIQUE EN RAMPE AVEC PROFIL D'ÉQUILIBRE

La traction mécanique est parfois destinée à remonter sur une rampe par l'action d'un moteur les matières premières fournies

par l'exploitation en vallée. La perturbation apportée dans le jeu du moteur par la variation de poids du câble peut donc y prendre, dans certains cas, une réelle importance et l'on a dû songer à régulariser cette action.

On emploie à ce sujet des procédés analogues à ceux qui servent pour l'extraction verticale. On peut citer des exemples, non seulement pour la traction mécanique en rampe, mais même pour la descente automotrice, comme aux grands plans de Saint-Pierre d'Allevard, du Chayla (Isère), de Saint-Georges d'Hurtières (Savoie).

M. le professeur Julius von Hauer, de l'Académie des Mines de Leben, a proposé une solution toute nouvelle qui consiste à creuser la voie en courbe, en lui donnant un profil tellement choisi que les variations du poids du câble soient compensées par des variations correspondantes dans la pente et par suite dans les composantes tangentielles du poids mort et du poids utile à chaque instant. M. de Hauer a démontré que cette courbe n'était autre que la cycloïde.

LOCOMOTIVES SOUTERRAINES

La Compagnie continentale des locomotives sans foyer exposait l'application du système Lamm et Franck pour le service des mines. Dans cette locomotive, la chaudière est remplacée par un récipient cylindrique rempli d'eau aux trois quarts. Cette masse d'eau est portée à une haute température, et fournit la vapeur nécessaire pour produire le travail de la traction. Elle doit être chauffée à une température notablement supérieure à celle correspondant à la pression d'utilisation de la vapeur, ce qui conduit à de très fortes pressions dans le récipient. On interpose un régulateur de pression entre le récipient et le mécanisme moteur.

Pour permettre aux machines à vapeur sans foyer de fonctionner pendant une longue durée sans avoir besoin de renouveler leur provision d'eau surchauffée, M. Honingmann place les tubes qui forment la chaudière dans un réservoir rempli d'une dissolution de soude du commerce contenant 10 à 20 0/0 d'eau. La vapeur d'échappement est dirigée dans ce réservoir et son absorption y produit un échauffement entraînant une élévation de température supérieure à celle même de la vapeur. La dissolution de soude qui s'échauffe ainsi progressivement maintient donc pendant longtemps la température de la chaudière.

Il y a lieu de rappeler le moteur à air comprimé Mékarski. Dans

cet appareil, on évite les inconvénients dus au froid produit par la détente en admettant aux cylindres de l'air saturé de vapeur d'eau à haute température. Ce mélange s'obtient facilement en faisant traverser à l'air divisé en fines bulles une colonne d'eau chaude emmagasinée à 150° environ au début de l'opération.

CHEMIN DE FER ÉLECTRIQUE

Il est à remarquer que les premières applications industrielles de l'électricité à la traction ont été faites dans les mines.

M. Martin a fait connaître, par le *Bulletin* de la Société de l'Industrie minérale, le chemin de fer électrique installé en 1882 dans la mine de Zankeroda, en Saxe, à une profondeur de 220 *m*. Le roulage électrique s'effectue sur 620 *m*. Une voie sert pour les chariots pleins, une autre pour les vides. La machine génératrice du courant est installée à la surface à 63 *m* de distance du puits. Les conducteurs sont :

A l'extérieur, de la machine au puits, deux fils de cuivre nu de 6,5 *mm* de diamètre;

Dans le puits, pour l'aller, un fil de cuivre de 6,5 *mm* enveloppé de gutta-percha, de plomb et d'une armature de fil de fer galvanisé; pour le retour d'un câble composé de même, à l'exception de l'armature de fil de fer qui manque; l'un et l'autre sont suspendus tous les 10 *m* par des agrafes.

Dans le travers-banc, deux lignes de rails à section en forme de T renversé, fixées sur des isolateurs.

La locomotive, qui sert de machine électrique réceptrice, est reliée à chaque ligne de fer à T par un petit câble métallique terminé par un coulisseau de contact. Ces coulisseaux entraînés par la machine saisissent les conducteurs par des griffes à ressort. La locomotive porte, en outre, des leviers d'introduction de courant, de changement de marche et de frein. Le conducteur du train communique avec la surface en réunissant à la main deux fils de cuivre nu, supportés à la voûte par des isolateurs : il ferme ainsi un courant qui actionne une sonnerie. Les convois sont de 15 chariots portant 475 *kg* de charbon. La durée du trajet est de 4 minutes en moyenne, ce qui correspond à une vitesse de 2,60 *m* par seconde. La locomotive agit toujours en poussant les chariots.

Le machiniste du jour s'aperçoit de l'arrêt dans le fond à l'accélération de sa propre machine. Il diminue alors l'admission, et

redonne au contraire la vapeur dès qu'il voit reparaître les résistances.

Le rendement en force de la transmission électrique, c'est-à-dire le rapport du travail de la locomotive à l'effort exercé par le moteur à vapeur sur la machine génératrice, est de 46,60 0/0. Cette installation met en possession d'une source de force facile à utiliser, dans l'intervalle des postes d'extraction : on peut en produire pour faire mouvoir une pompe, un treuil, etc., lorsque le courant n'est pas employé directement au transport, le recueillir par des accumulateurs.

Des chemins de fer électriques, analogues à celui de Zankeroda, ont été établis aux mines de Beuthen (Haute-Silésie) sur des parcours de 300 *m* et de 1 000 *m*, et à celles de New-Stassfurt sur des parcours de 1 100 *m* et de 1 500 *m;* toutes les machines avaient été construites par la maison Siemens et Halske, de Berlin.

VOIES MÉTALLIQUES SOUTERRAINES

La Société des mines de la Loire emploie dans ses travaux des voies entièrement métalliques. Les traverses et les rails ne sont pas indépendants; on introduit ces voies dans l'intérieur par tronçons de 5 à 6 *m* de long, composés de deux rails et de traverses rivées, et portant à un bout des éclisses avec leurs boulons, toutes prêtes à opérer la jonction avec un tronçon voisin. Le rail est à simple champignon, et pèse 7 *kg* le mètre. Pour les traverses, après avoir longtemps employé pour les construire les vieux rails plats mis hors de service, on emploie maintenant un fer cornière. Les aiguilles sont à ressort, s'ouvrant automatiquement dans le sens de la marche.

M. Achille Legrand, constructeur à Mons (Belgique), exposait divers systèmes de traverses métalliques, destinées aux voies souterraines. Pour les rails-lames à talon, ou les rails à double champignon, on peut choisir entre les diverses traverses embouties. Le rail est calé dans l'U formé à chaque extrémité par la traverse deux fois repliée. Pour les rails Vignole, les traverses toujours en fer ou acier avec profil en ⊓ sont également indépendantes des rails. Ceux-ci sont fixés par une sorte de butée qui, rivée sur la traverse, vient s'appuyer contre l'âme du rail immédiatement au-dessus du patin. Si sur une traverse les deux butées sont extérieures à la voie, elles sont intérieures sur la suivante. Pour le montage on place bien parallèlement et à distance convenable les

traverses impaires A, puis entre elles et obliquement les traverses paires B. On pose les rails en engageant le patin bien à fond sous les butées des traverses A et on redresse normalement aux rails d'un coup de marteau les traverses B, dont les butées viennent serrer l'intérieur de la voie en assurant le calage et l'écartement.

MM. Decauville exposaient, dans la classe des mines, leur type de voie métallique si répandue aujourd'hui. Cette voie se compose, comme on sait, d'éléments qui ont la forme d'échelles, et sont droits, courbes ou combinés en forme de croisement pour répondre à tous les besoins. Ces éléments en rails d'acier de 4,500 *kg*, 7 *kg*, 9,500 *kg*, 12 et 15 *kg*, peuvent se poser et se déposer avec la plus grande rapidité. Les travées ont 5 *m* de longueur. Le patin du rail a une largeur proportionnellement beaucoup plus grande que dans les voies ferrées ordinaires. Le plus petit modèle peut supporter normalement une charge de 1 000 *kg* par essieu. Les rails sont rivés à froid sur des traverses en acier embouties pour leur donner plus de rigidité.

MATÉRIEL ROULANT

Nous ne parlerons ici que des berlines métalliques.

En raison du travail qu'il exécute et des chocs qu'il subit, ce matériel exige des réparations fréquentes. Pour faciliter celles-ci, les pièces doivent être interchangeables.

La maison Veuve Taza-Villain montrait la berline en fer des mines d'Anzin et celle des mines de Lens. Les essieux de la première tournent dans des coussinets en acier, formés simplement de plates-bandes d'acier recourbées et maintenues dans des cornières reliées au fond de la caisse; les essieux de la seconde tournent dans des crapaudines en acier fondu reliées au fond par boulons ou rivets.

M. Malissard-Taza a récemment perfectionné la fixation des coussinets sur le fond des berlines, en imaginant une armature emboutie dans laquelle s'encastrent les coussinets, ce qui maintient bien le parallélisme des essieux et renforce en même temps le fond de la berline.

M. Romain Sartiaux, constructeur à Hénin-Liétard, et M. Bodard, de Commentry (Allier), exposaient une nombreuse série de berlines tout en acier, sur lesquelles on trouvera ci-dessous les renseignements de poids et contenance.

M. Achille Legrand exposait une berline en tôle avec essieux

en acier forgé et roues en acier fondu, en même temps qu'une série de wagons basculeurs de diverses formes : le type basculeur à huit pivots présente une disposition telle que, dans la chute fractionnée de la caisse, la résistance au basculement reste constante, quels que soient les pivots sur lesquels la caisse vient poser. Tous ces véhicules sont munis de coussinets en bronze et de boîtes à huile, système Legrand. L'essieu porte normalement à son axe une petite palette qui à chaque tour de roue vient plonger dans le réservoir d'huile et relève quelques gouttes de la matière lubrifiante.

Un certain nombre de berlines des constructeurs français présentaient également des boîtes à huiles ou à graisses. Citons celle de M. Paul Fayol, celle des mines de Saint-Étienne, composée par M. l'Ingénieur Chansselle avec une combinaison de la précédente et de la boîte Pagat, celle de M. J. Bodard, etc.

COMPARAISON DES DIVERSES BERLINES

CONSTRUCTEURS	MINES	CONTENANCE	POIDS	RAPPORT DU POIDS MORT à la charge en comptant l'hectolitre à 100 k.
Taza-Villain	Anzin (fer)	5h	208k	41,6
	Lens (acier)	5,8	194	33,4
Romain Sartiaux	Vicoigne et Noeux (acier)	6	226,5	37,7
	Dourges (acier)	5,5	195,5	35,5
	Dourges (acier)	6	216	36
	Liévin (acier)	6,1	224,5	36,3
	Lens (acier)	5,8	192,1	33,3
	Anzin (acier)	5	204	40,8
	Bruay	5.6	212,6	37,9
	Courrières	5,92	186,8	31,6
	Béthune	5,8	202,3	32,1
	L'Escarpelle	5,13	198,25	38,6
	Douchy	5,6	226	40,3
	Drocourt	6.46	216,7	33,5
	Meurchin	6,4	224,83	41,6
	Ferfay	5,8	198,20	34,1
Bodard	Roche La Molière et Firmigny (acier)	6	220	36,6
	Berlines elliptiques en tôle d'acier	6,6	243	33,8
		5	205	41
	Berlines rectangulaires	7	280	40
		5	230	46

VENTILATEURS

Une des nouveautés de l'Exposition était le ventilateur construit sur les données de la théorie du regretté M. Ser, professeur à l'École centrale, et dont MM. Geneste, Herscher et Cie sont les concessionnaires; de nombreuses applications se sont répandues dans les mines, tant en France qu'à l'étranger.

La roue est formée d'un plateau circulaire de 2 *m* de diamètre sur lequel sont fixées 32 ailettes courbes ayant pour diamètre extérieur celui de la roue, et pour diamètre intérieur 1,12 *m*, ce qui donne 0,44 *m* de hauteur aux ailettes. Leur largeur est décroissante avec la distance au centre suivant une courbe particulière. La roue tourne dans une enveloppe en forme de spirale à section croissante : elle ne doit en effet contenir au point A que le débit d'une ailette et au point B le débit de 32 ailettes. Les ouïes puisent l'air dans une chambre d'aspiration mise en communication avec la mine, et la spirale se termine par un diffuseur à section croissante qui a pour effet de réduire la vitesse et de transformer en pression la force vive de l'air sortant des ailettes.

La maison E. Farcot fils exposait les plans et coupes de son installation de ventilateur à Decazeville et à Campagnac. Les aubes mobiles sont partagées en deux par un diaphragme vertical et sont comprises entre deux feuilles de tôle percées d'une ouïe circulaire en leur milieu. L'assemblage se fait par rivets dont la distance décroît du centre à la circonférence où la force centrifuge est maximum. Les aubes sont enroulées suivant une courbe coupant à 45° tous les rayons qu'elles rencontrent. Le ventilateur tourne dans le sens de la concavité des aubes, de telle sorte que la vitesse de l'air à la circonférence est plus grande que la vitesse mesurée à l'extrémité du rayon. Par suite, pour une certaine dépression à obtenir, le nombre de tours nécessaires est moindre.

M. Mortier, Ingénieur-mécanicien de la Compagnie des mines de Roche-la-Molière et Firminy, vient de faire construire par la maison Biétrix et Cie un nouveau ventilateur volumogène. La cuve a la forme d'une anse de panier dont le grand axe est horizontal : le centre est occupé par un noyau. Cinq ailes tournent ensemble autour du centre; elles ont la forme de lentilles et sont astreintes à rester toujours horizontales. Leurs dimensions sont telles que dans toutes leurs positions elles obstruent complètement le vide existant entre la cuve et le noyau. L'espace compris entre deux

ailes passe à chaque demi-révolution par un maximum et un minfmum. Cet espace communique avec l'admisssion quand il s'accroît, avec l'échappement quand il décroît.

La maison Sautter et Lemonnier exposait un petit ventilateur à ailettes courbes, actionné directement par une machine dynamoréceptrice à deux pôles et enroulement Gramme, inducteurs type Manchester à pôles conséquents et enroulement Compound.

MM. Reardon et Ennis, de River Street (États-Unis), exposaient également un ventilateur mû par l'électricité.

La Compagnie des mines de Liévin montrait à l'Exposition un ventilateur à force centrifuge, mû par l'air comprimé, employé pour assainir ses travaux intérieurs. Son diamètre extérieur est de 0,75 *m* et le diamètre et la course du cylindre moteur sont de 0,10 *m*. L'appareil pèse 650 *kg*.

M. Pinette a construit pour les mines de Blanzy un petit ventilateur Ser portatif, dont le châssis porte en outre un moteur à air comprimé à deux cylindres.

Diamètre extérieur de l'appareil : 0,50 *m*.
Vitesse du moteur : 400 tours par minute.
Vitesse du ventilateur : 1 000 tours par minute.
Volume d'air produit : 1 883 *l* par seconde.
La dépression a varié de 60 à 75 *mm* d'eau.

Il faut encore citer comme ventilateur portatif celui de M. Garcenot, expérimenté, en même temps que celui de M. Pinette, à Blanzy ; cet appareil, par suite de son grand rendement, semble appelé à se répandre rapidement.

Dans un mémoire sur le bassin de la Ruhr, publié en 1886 dans les *Annales des mines*, M. Louis Bochet, Ingénieur au corps des mines, donne la description de quelques ventilateurs récemment installés.

Le ventilateur Pelzer date de 1879. Il se compose d'une roue en tôle formée de huit ailes hélicoïdales tournant autour d'un axe horizontal. La partie centrale de la roue ferme l'orifice du canal et agit comme vis pneumatique ; l'extrémité des ailes donne à l'air le mouvement centrifuge. L'appareil a 2,50 *m* ou 3 *m* de diamètre ; il tourne à 250 tours par minute.

Les ventilateurs Dinnendahl et Kaselowski sont analogues au ventilateur Pelzer.

Le ventilateur Winter est un appareil à force centrifuge de 2,50 *m* à 3 *m* de diamètre, faisant 250 à 300 tours par minute.

Le ventilateur Kley ressemble au ventilateur Guibal; mais l'ouïe est précédée d'une chambre à contour spiraloïde qui facilite la mise en mouvement de l'air. Il faut ajouter à cette énumération les ventilateurs Moritz et Geissler.

La Société des Ingénieurs du nord de l'Angleterre a fait étudier les ventilateurs mécaniques par une commission spéciale dont le rapport a été traduit et publié par M. Daniel Murgue, Ingénieur de la Compagnie houillère de Bessèges. Tous les chiffres de ce rapport ont été soigneusement rapprochés et comparés par M. Murgue dont les conclusions sont les suivantes: Dans les mines larges, présentant plus de 2 m^2 d'orifice équivalent, les ventilateurs volumogènes sont franchement inférieurs aux déprimogènes. Pour l'aérage des mines moyennes (1,40 *m* à 1,80 *m* d'orifice équivalent), le Guibal est supérieur aux volumogènes peu étanches, tels que les machines pneumatiques sèches Lemielle et le Cook; il peut lutter sans désavantage avec les volumogènes bien étudiés et bien construits comme les Roots. Pour les mines étroites les déprimogènes, au contraire, doivent être complètement écartés.

La Commission prussienne du grisou a nommé une Sous-Commission des ventilateurs chargée d'étudier cette même comparaison. Le rapport de son président, M. Althans, a été traduit et résumé par MM. Daniel Murgue et Prosper Brun, Ingénieurs de la Compagnie houillère de Bessèges. Les conclusions confirment celles de la Commission anglaise. Les chiffres cités prouvent de plus que dans les mines étroites les ventilateurs à rotation rapide doivent être préférés.

RÉGULATEURS VOLUMÉTRIQUES

Le volume d'air que débitent les ventilateurs à force centrifuge n'est pas constant pour une vitesse déterminée du moteur. Il est donc rationnel de leur adjoindre un appareil régularisant le mouvement, de telle sorte que le volume débité soit constant dans de certaines limites.

La Société houillère de Liévin donne un bon exemple de cette régularisation.

Une palette équilibrée, placée sur le courant d'air venant de la mine, subit, sous l'action de ce courant, des déplacements correspondants aux variations des volumes d'air. Quand ces mouvements dépassent une certaine amplitude, dans un sens ou dans l'autre, un dispositif établit un courant électrique agissant sur le tiroir de

détente de la machine ou sur le robinet d'admission de vapeur de la manière suivante: le courant passe, suivant les cas, dans l'un ou l'autre des deux électro-aimants disposés près du tiroir. Un levier, attiré par l'électro, agit sur un rochet à mouvement alternatif et fait tourner une roue dentée; celle-ci, en rapport avec le tiroir, réduit ou augmente la période de détente et, par suite, ralentit ou accélère la vitesse de marche. Cet appareil est dû à M. Desailly, Ingénieur divisionnaire de la Compagnie, et à M. Dubois, constructeur à Anzin.

SURVEILLANCE DE L'AÉRAGE

Sur la demande de la Commission du grisou, M. Aguillon, Ingénieur en chef des mines, a publié, en 1881, dans les *Annales des mines* un rapport sur les appareils de contrôle employés pour la surveillance de l'aérage. Il cite: 1° les appareils employés pour mesurer la quantité d'air circulant en un point donné de la mine: anémonètres de Combes, de Havy, de Casartelli, de Casella, de Bourdon et l'appareil de M. Murgue; 2° les appareils destinés à la mesure du volume total de l'air envoyé dans la mine, de la vitesse de marche des machines, ou de la dépression totale sous laquelle se produit le courant: tubes manométriques; tube de Pitot; manomètre à aiguille d'Ochwadt; mouchards divers; tachymètre de Buss, de Napoli; cinémomètre de Jacquemier.

M. Haton de la Goupillière, dans son rapport présenté au nom de la Commission française du grisou, cite en outre les appareils de Arson, Bianchi, Biram, Buis et Lombart, Buxton, Davy and Son, Dickinson, Fuss, Hardy, de Hennant, Kallstenius, Franscisque Michel, Leslie, Morin, Newmann, Van Eck, puis l'appareil de M. de Vaux pour reconnaître les perturbations du courant d'air, celui de Bia et Durand pour le contrôle des ventilateurs, le baromètre différentiel de Guibal, le compteur graphique de Hennant, l'avertisseur Duber et Delsaux actionnant un sifflet à vapeur lorsque la vitesse descend au-dessous d'une limité fixée.

Les travaux de la Commission du grisou ont conduit à la construction de trois nouveaux appareils : celui de M. Vicaire, Ingénieur en chef des mines, qui est en même temps un avertisseur électrique; l'anémomètre de M. Le Chatellier, analogue au tube de Pitot, et très sensible; enfin l'appareil, de MM. Mallard et Le Chatellier, se composant de deux manomètres à eau colorée en relation l'un avec le courant d'air sortant du ventilateur, l'autre avec l'atmosphère de la mine.

A Firminy, la marche des ventilateurs est contrôlée au moyen d'appareils enregistreurs de dépression ; à Roche-la-Molière, c'est l'appareil Dehennault-Bouillet, et au puits du Soleil, le manomètre enregistreur de MM. Richard frères. Les diagrammes en étaient exposés.

L'anémomètre enregistreur de l'Ingénieur anglais Bagot se compose d'une roue tournante à godets qui ferme un circuit après un nombre de révolutions déterminé ; chaque fermeture de circuit est imprimée sur une bande de papier en mouvement uniforme qui reçoit en outre une estampille à des intervalles de temps fixe. On observe ainsi facilement la vitesse du courant d'air et ses variations.

Aux mines de Liévin, l'indicateur de dépression est disposé de manière à avertir le mécanicien par une sonnerie électrique lorsque les variations dépassent les limites voulues.

VENTILATEURS SOUTERRAINS

Il arrive souvent qu'on outille le puits d'aérage de façon qu'il puisse servir également de puits d'extraction et, dans ce cas, le puits est fermé soit par des clapets Briart, soit par un sas à air en tôle ou en maçonnerie.

Pour éviter cette installation, les houillères de Schamrock, en Westphalie, ont installé au fond de la mine un ventilateur Geissler de 3,50 *m* de diamètre marchant à 200 tours par minute avec un débit de 4 000 *m*³.

GRISOU — LAMPES DE SURETÉ

Le rapport présenté par M. l'inspecteur général Haton de la Goupillière, en 1880, est aujourd'hui classique et doit servir de base à toute étude sur la question. On ne doit pas non plus passer sous silence le rapport, plein d'observations et de faits, de MM. Pernolet et Aguillon sur l'exploitation et la réglementation des mines à grisou en Belgique, en Angleterre et en Allemagne.

Depuis, ont été publiées un grand nombre d'études, parmi les-

quelles nous citerons seulement celles de la Commission prussienne du grisou, celles de M. Kohler, conseiller des mines (Autriche-Hongrie), et celles de M. Chesneau, Ingénieur au corps des mines.

Des expériences et relevés statistiques faits par M. Kohler à la mine Gabrielle, près Karwin (Silésie), on peut conclure que les dépressions atmosphériques très rapides ont une influence marquée sur les dégagements du gaz.

Aux observations barométriques, M. Chesneau a joint une seconde série d'observations, celle des mouvements du sol. La première idée de comparaison entre ces mouvements et les dégagements de grisou se trouve dans *The Engineer* du 17 décembre 1875. Nous la retrouvons une seconde fois dans une note de M. de Chancourtois, parue en 1883. M. Walton Brown, Ingénieur à Newcastle-on-Tyne, revient sur cette question en 1884 et rappelle les expériences du professeur John Milne, dans les houillères de Takoshima, entreprises sur l'initiative du gouvernement japonais.

Les observations de M. Chesneau ont porté sur les appareils enregistreurs des ondulations microsismiques installés en 1885 à l'École des mines de Paris, à l'École des mineurs de Douai, et en 1886 à la fosse d'Hérin a Anzin. D'après les statistiques, il semble exister une certaine corrélation entre les bourrasques sismiques et les dégagements de grisou. Les variations barométriques relevées ne semblent point permettre de conclusions bien nettes. M. Chesneau a reçu mission de répéter ces expériences et observations dans les bassins de la Loire et du Gard.

MM. Mathet et de Gournay citent de leur voyage en Angleterre la houillère de Tymmer (sud du Pays de Galles) comme utilisant le grisou qui se dégage en certains points par des soufflards très abondants. On capte le gaz par des barrages étanches et on l'envoie au jour dans un gazomètre par deux tuyaux en fer de 0,05 *m* de diamètre qui dégagent ensemble 141 m^3 par jour. On l'utilise, mélangé de gaz ordinaire, pour l'éclairage des recettes du jour et du fond du puits où on le renvoie sous pression.

LAMPES

Parmi l'extrême variété de lampes de sûreté que les inventeurs se sont ingéniés à créer, M. l'Ingénieur en chef Le Chatelier, dans son rapport au Congrès international des Mines et de la Métallurgie en 1889, retient quatre types, tant par la valeur théorique des

principes qui ont présidé à leur conception que par la sanction pratique qu'elles ont reçue. Ce sont :

La lampe Clanny, à verre et tamis, dans laquelle l'alimentation est renversée ; elle est désignée depuis quelques années en France sous le nom de lampe Boty.

La lampe Marsaut, à double tamis entouré d'un écran métallique ; on doit en rapprocher la lampe Evan-Thomas. L'alimentation est renversée.

La lampe Fumat, à alimentation directe, dont on doit rapprocher la lampe Gray.

M. Marsaut résumait comme suit, au Congrès des Mines et de la Métallurgie, ses conclusions pour l'établissement des lampes de sûreté :

1° Les lampes doivent être de faible volume et le rapport entre leur capacité et la surface d'évacuation des gaz aussi grand que possible ;

2° L'isolement des gaz de la combustion dans les lampes est une cause d'infériorité ;

3° Il existe un espace neutralisé au fond du verre dans les lampes alimentées par le haut ;

4° Employant des porte-mèche élevés, on augmente le culot neutre au fond de la lampe et on lui donne plus de garantie de sécurité ;

5° En allongeant la cheminée de la lampe Mueseler en dessous du diaphragme, on facilite le passage de la flamme au-dessus de celui-ci ;

6° L'inflammation se propage d'autant plus facilement à l'extérieur qu'on emploie un plus petit feu à la mèche ;

7° Dans la construction des toiles métalliques, il faut moins s'attacher à diminuer le vide du treillis qu'à le subdiviser.

Pour répondre à ces conditions, M. Marsaut a construit la lampe qui porte son nom et dont l'emploi s'est rapidement répandu. Elle se compose de six parties principales indépendantes, savoir :

1° Réservoir pour l'huile et la mèche ;

2° Verre Mueseler ;

3° Cage de protection du verre ;

4° Treillis intérieur du diaphragme de grande surface remplaçant le petit diaphragme horizontal de Mueseler ;

5° Treillis Mueseler lié à la douille en cuivre formant l'armature supérieure du verre ;

6° Cuirasse de protection des treillis portant à la base les ouver-

tures d'introduction de l'air et à la partie supérieure les orifices d'évacuation des gaz brûlés.

La lampe primitive de M. Fumat était ainsi conçue :

A la base, un réservoir d'huile, supportant l'admission de l'air, composé d'un socle circulaire recouvert extérieurement de deux toiles métalliques juxtaposées. Au-dessus, le verre et ensuite la cheminée fermée par une toile métallique à mailles fines et contenant à son intérieur un tamis cylindrique d'un diamètre de 3 *cm*, terminé dans le haut par une calotte pleine en métal, destinée à rabattre la flamme et les explosions internes, et, dans le bas, par un tube dont le bord inférieur atteint le sommet de la flamme, obligeant ainsi tous les mélanges à venir se brûler sur la flamme au fur et à mesure de leur introduction.

Les modifications suivantes ont été apportées :

1° A la partie inférieure du cadre, une galerie circulaire de distribution d'air qui enveloppe le tamis;

2° A la partie médiane, une gaîne réflecteur amenant l'air dans la galerie circulaire;

3° A la partie supérieure, une chemise en tôle percée sur la face opposée à la gaine réflecteur de trous de 5 *mm* de diamètre, lesquels portent des tubes d'une longueur de 5 *mm*. Ces trous servent, ceux du bas, à l'entrée de l'eau qui descend par la gaine, entre dans la galerie circulaire, passe à travers le tamis et vient sur la flamme; ceux du haut, à l'évacuation des fumées qui se répandent dans le sommet de la cheminée et descendent jusqu'aux premières rangées de trous. Le cadre vissé sur la lampe et serré sur le tamis constitue, par la réunion de la galerie d'air, de la gaine et de la cheminée, une colonne d'air qui est appelée à faire équilibre à la colonne de fumée et à modérer au besoin la combustion.

En effet, dans les oscillations, la force centrifuge se développe dans les deux colonnes et la plus lourde l'emporte toujours sur l'autre; par conséquent, le sens du tirage n'est pas changé.

Dans les coups de vent, la colonne froide qui reçoit la commotion, la transmet simultanément aux extrémités de la colonne chaude, qui n'en est pas troublée.

Dans le séjour prolongé au milieu du grisou, la lampe s'échauffe, la colonne froide perd de son poids, et, de plus, l'air chaud dilaté, passant à travers les mêmes ouvertures du tamis, apporte moins d'oxygène sur la flamme qui, au delà d'une certaine limite, n'augmente plus.

La lampe réglementaire belge a son porte-mèche éloigné de

22 *mm* de la cheminée et la toile métallique comprend 144 mailles au centimètre carré avec un fil de 1/3 de millimètre de diamètre.

Le docteur Schoudorff a résumé, au Congrès des Mines et de la Métallurgie, ses conclusions au sujet de la lampe Boty :

1° La facilité de passage de la flamme au travers de la toile Purchschlay est d'autant plus grande que le cylindre du verre est plus élevé;

2° Avec le gaz d'éclairage, un changement dans le diamètre du cylindre en verre n'a pas d'influence sur la facilité de passage de la flamme; avec le gaz des marais, plus on emploie des verres de grand diamètre, moins on obtient le passage de la flamme;

3° La sûreté de la lampe augmente avec la hauteur du tamis, c'est-à-dire avec la surface d'évacuation des gaz;

4° Elle augmente également, pour un nombre égal de mailles, avec l'augmentation de grosseur du fil, et, pour une même grosseur de fil, avec l'augmentation du nombre des mailles.

On aurait la formule $Q = \frac{DM}{10 - D\sqrt{M}}$.

Q, coefficient de sécurité relatif à la toile;

D, diamètre du fil;

M, nombre de mailles au mètre carré;

$10 - D\sqrt{M}$ est, par suite, la racine carrée de la surface libre de la toile, exprimée en millimètres, dans un centimètre carré.

M. Marsaut, Ingénieur en chef de la Compagnie houillère de Bessèges, a publié récemment une brochure où sont réunies les appréciations diverses des commissions officielles du grisou en France, Belgique, Angleterre, Prusse, Saxe et Autriche.

La lampe Clanny est celle qui donne le plus fort pouvoir éclairant; les lampes Mueseler et Marsaut arrivent ensemble au second rang.

La lampe Clanny résiste bien aux courants d'air, elle est à peine sensible à l'inclinaison.

La lampe Mueseler, type réglementaire obligatoire belge, et la lampe Marsaut résistent parfaitement aux courants d'air, mais elles s'éteignent par inclinaison, la première sous un angle de 40°, la seconde seulement sous un angle de 60°. La lampe Fumat résiste bien à l'inclinaison.

Fermetures de sûreté. — Nous passerons en revue un certain nombre de fermetures de sûreté qui figuraient à l'Exposition et qui ont reçu la sanction de la pratique.

Fermeture Dubrulle. — Elle enclanche le verrou de la lampe avec la mèche. Les mouvements sont solidaires : si l'on dévisse le verrou, la mèche descend et est noyée dans l'huile.

Fermeture magnétique Villiers. — Un verrou maintenu par un ressort empêche de dévisser la lampe. Ce verrou, terminé à la partie inférieure par une pièce de fer doux, ne peut être abaissé que par un aimant puissant.

Fermeture Cuvelier. — Le verrou qui empêche de dévisser est sollicité à sortir de son logement par un ressort, mais il bute contre les extrémités d'un tube recourbé en arc de cercle. Celui-ci est complètement enfermé dans la lampe, un petit canal permet d'y faire arriver de l'eau sous pression, au moyen d'un petit accumulateur spécial. Sous cet effort, les branches du tube s'écartent et le verrou peut descendre.

Fermeture à rivet de plomb d'Anzin. — Les deux parties de la lampe, une fois vissées, sont réunies par un rivet de plomb poinçonné.

Lampe Mueseler, fermeture Hallet. — C'est la lampe Mueseler ordinaire fermée par une serrure formée par trois lames avec ressorts se réunissant en un seul pivot qui fait fermeture. Elle ne peut être ouverte qu'au moyen de la clef qui est celle d'une serrure à secret. Elle s'ouvre avec un demi-tour de clef.

Fermeture à rivet de plomb Dinoire. — Ce système ingénieux, dû à M. Dinoire, Ingénieur aux Mines de Lens, peut s'appliquer facilement à une lampe quelconque.

Contre un des montants de la garniture métallique portant le verre et les tamis et se vissant sur la lampe, on fixe au moyen d'un rivet de plomb le petit cylindre creux BB. Le verrou pressé hors de son logement par un ressort permet bien de visser, son extrémité taillée en biseau pouvant glisser sur les crans de la crémaillère circulaire. Mais il s'oppose à tout retour en arrière lorsque la lampe a été vissée à fond. Il faut alors, pour ouvrir, couper le rivet de plomb. Celui-ci coupé, le verrou sort au maximum et il est impossible de maintenir le cylindre dans sa position ; la surveillance est donc facile.

Il est à remarquer que les rivets peuvent être placés longtemps avant l'allumage : la partie supérieure est alors simplement vissée de trois tours et peut encore se dévisser; l'ouvrier, au moment de

prendre sa lampe allumée, vérifie qu'elle est en bon état et la visse complètement lui-même.

On peut rappeler que l'idée première de la fermeture à rivet de plomb est due, dès 1832, à un mécanicien de Paris, M. Regnier, et qu'en 1871 M. Dinant imagina, aux mines d'Anzin, de souder la lampe avec un métal fusible.

Extinction des lampes. — M. Birckel a assuré l'extinction rapide, en cas de dégagement subit de grisou, en munissant sa lampe de volets assurant la fermeture des lumières d'accès d'air.

Rallumage des lampes. — On emploie en Westphalie une lampe à benzine système Wolf. L'inventeur de cette lampe a imaginé un dispositif qui permet de la rallumer sans l'ouvrir.

C'est un petit chien qui vient frapper sur une amorce placée vis-à-vis de la mèche. On arme le chien en tirant une tige qui passe à travers le réservoir et on le fait partir en repoussant la tige. Les amorces sont portées au nombre de 75 par un petit ruban en papier qui se déroule automatiquement d'une longueur comprise entre deux amorces chaque fois que l'on arme le chien. On est un peu effrayé de la détonation qui se produit au moment du rallumage par suite des vapeurs de benzine. D'après l'inventeur, ces explosions ne seraient pas dangereuses. On peut, du reste, les éviter en ayant soin de souffler dans la lampe à travers le tamis avant de la rallumer.

M. Catrice a proposé un autre mode de rallumage intérieur s'appliquant aux lampes à huile. Le dispositif consiste essentiellement en un cylindre percé de huit trous porte-feu garnis d'allumettes. L'allumette, poussée vivement par un poinçon vers l'intérieur de la lampe, sort à frottement entre deux rugueux qui déterminent son inflammation.

On a également proposé l'emploi de l'amalgame de sodium.

LAMPES ÉLECTRIQUES

Nous n'avons pas remarqué à l'Exposition universelle de lampes électriques portatives pour mine.

Il convient de rappeler ici les différents types qui paraissent se répandre dans quelques exploitations en Angleterre.

Lampe Swan. — Les électrodes, plomb et oxyde de plomb, disposées concentriquement dans une boite en gutta-percha et plongées dans de l'eau acidulée d'acide sulfurique, sont chargées par

une dynamo. Intensité lumineuse, 1 bougie à 1,30; durée, 10 heures; poids, 3 *kg*.

Lampe Pitkin. — L'électricité est fournie par quatre éléments secondaires, ayant chacun huit plaques formées de peroxyde de plomb et de plomb spongieux. Intensité lumineuse, 4 à 5 bougies; durée, 8 heures; poids, 3,6 *kg*.

Lampe portative de électric lamp and Power syndicate C°. — L'électricité est fournie par des accumulateurs au lithanode et au plomb spongieux. Intensité lumineuse, 1 bougie; durée, 10 heures; poids, 2 *kg*.

Lampe Walker. — L'électricité est fournie par une pile primaire (bichromate et zinc) dont le charbon forme le récipient. Le liquide excitateur est un mélange de bichromate de potasse, d'acide nitrique et d'acide sulfurique. Poids, 3 *kg*.

Lampe Schanschieff. — L'électricité est fournie par une pile primaire dont le liquide excitateur est une solution de sulfate de mercure basique dans le sulfate acide. Les électrodes sont du zinc et du charbon. Intensité lumineuse, 1 1/2 bougie à 2 bougies. On change le liquide toutes les huit heures. La solution occupe moins de la demi-hauteur de chaque élément et les électrodes l'autre moitié; il suffit donc de renverser la lampe pour produire l'allumage ou l'extinction.

SURVEILLANCE DU GRISOU

Un grand nombre d'appareils ont été proposés pour la surveillance du grisou dans les mines.

M. Coquillon présentait à l'Exposition son indicateur de grisou; un appareil portatif permet d'analyser le gaz dans la mine, par sa combustion sur un fil de palladium porté au rouge blanc par un courant électrique. Un appareil analogue a été construit pour faire les analyses dans le laboratoire avec plus de précision.

Plusieurs indicateurs de grisou ont été transformés en avertisseurs. La flamme en s'allongeant, par suite de la présence des gaz inflammables dans une lampe, peut fondre un fil métallique et rompre un courant électrique (Ansell, Somzée). Une vessie de caoutchouc en se dilatant par endosmose peut fermer un circuit métallique et laisser passer un courant (Clermont). Dans l'indicateur Hyde, en plus de la sonnerie, le courant produit le déclan-

chement d'un écran, qui retombe et éteint la lampe. On a proposé encore l'établissement d'un circuit métallique avec interruption dans les endroits grisouteux. Le courant lancé dans ce circuit donnerait des étincelles en présence du grisou : les étincelles brûleraient un fil de soie dont la rupture produirait le déclanchement d'une sonnerie. M. l'ingénieur anglais Fonbes a imaginé un indicateur acoustique de grisou fondé sur ce fait qu'un diapason résonnant au-dessus d'un tube creux donnera une note d'autant moins grave que l'air sera plus léger, c'est-à-dire plus riche en grisou.

Le procédé pratique actuellement en usage pour la surveillance du grisou est l'examen de la flamme des lampes de sûreté. Pour faciliter les observations, la Commission du grisou a proposé d'entourer la flamme d'un écran. A la condition d'être dans une obscurité complète, on peut observer autour de la flamme de la lampe une auréole bleue dans une atmosphère renfermant seulement 1 0/0 de grisou. M. Cosset-Dubrulle, constructeur de lampes de mines, à Lille, réalise ces conditions d'une manière ingénieuse dans sa lampe de sûreté, en fixant sur le bouchon du porte-mèche un écran métallique. Avant lui, M. l'Inspecteur général des mines Castel avait fait placer derrière la flamme un petit écran de drap noir.

La Commission du grisou avait indiqué, pour la constatation de la présence de ce gaz, l'emploi d'alcool pur ou d'hydrogène à la place de l'huile. On a ainsi des flammes de faible pouvoir éclairant même quand on leur donne une grande hauteur ; les dimensions de l'auréole augmentent avec celles de la flamme, on a donc une plus grande sensibilité et l'on peut reconnaitre 1/4 0/0 de grisou. La lampe à hydrogène n'a pas encore été essayée. La lampe à alcool, sous un modèle particulier appelé lampe Pieler, commence à être d'un emploi assez répandu. Mais l'attention a été appelée sur les dangers qu'elle peut présenter en raison de la volatilité de l'alcool. La Compagnie des Mines de Lens exposait une lampe Pieler modifiée, avec cuirasse-tissu vissée et fermeture.

Sur le tube de la mèche, un arrêt règle le bord supérieur de l'écran à 30 *mm* de hauteur au-dessus de la mèche, puis un verrou placé en équerre sur ce même tube empêche de mettre la cuirasse avant le tissu. Le tissu a une bague filetée qui se visse sur le réservoir.

La cuirasse porte des guichets régulateurs à la partie inférieure pour l'entrée de l'air et à la partie supérieure pour la sortie des

fumées. Une échelle de dosage est inscrite derrière la porte dont le bas correspond avec le bord supérieur de l'écran. Elle porte en outre une fermeture à rivet de plomb Dinoire.

RIVAGES

L'intensité donnée à l'extraction par le développement de la force productive des puits a conduit à chercher les moyens rapides de chargement, tant sur essieux que sur bateaux. L'Angleterre, qui tient le premier rang du monde pour le tonnage produit, s'est la première outillée dans ce sens, et c'est chez elle que les autres peuples ont commencé par aller chercher leurs modèles. L'Exposition ne montrait aucune disposition par sponts ou drops si répandues dans ce pays. On peut de même regretter de ne pas y avoir trouvé les installations westphaliennes.

Les expositions de la France présentaient plusieurs systèmes d'embarquements mécaniques très bien compris pour les grandes exploitations, et l'on en comprendra l'importance, lorsque l'on rappellera que le Pas-de-Calais a expédié par voie d'eau, en 1888, 35,1 0/0 de sa production

Ces systèmes peuvent se résumer à trois :

1° Embarquements à l'aide de caisses mobiles s'articulant sur les trucks ;

2° Embarquements au moyen de basculeurs ;

3° Embarquements avec des wagons verseurs.

Le premier système, employé aux mines de Lens, Liévin, Courrières, Nœux, Anzin, etc., exige une installation de force motrice et un appareil de levage. Les mines de Lens ont adopté une solution élégante pour ce problème en employant une locomotive qui porte une grue et verse les wagons en circulant sur une voie latérale.

La Société des mines de Liévin emploie un châssis roulant, entièrement métallique, portant deux caisses d'une contenance de 5 *t* chacune. Un train de vingt wagons est amené sur la voie longeant le quai du canal. Le train est alors enserré par deux câbles s'enroulant en sens inverse sur le tambour d'un petit treuil à

vapeur. On peut ainsi, par le mouvement du treuil à changement de marche, faire avancer ou reculer le train et amener telle ou telle caisse vis-à-vis d'une grande trémie de chargement.

Le versement du contenu des caisses dans la trémie est obtenu par leur soulèvement au moyen de deux cylindres à vapeur, un par caisse, placés contre la voie, du côté opposé à la trémie. Ces cylindres sont à simple effet, avec communication du dessus au dessous pour l'équilibre pendant la descente : la tige du piston est prolongée par une chaîne passant sur une poulie fixe, et munie à l'autre extrémité d'un crochet spécial qui vient prendre la caisse sur le côté ; un dispositif automatique amène les becs de ce crochet contre la caisse.

Cette installation a permis de charger un bateau de **250** *t* en quarante sept minutes ; si ces chiffres sont un maximum, on peut opérer pratiquement le chargement de six bateaux, soit **1 500** *t* en douze heures.

Les portes des caisses des wagons de Liévin s'ouvrent automatiquement par le simple soulèvement des caisses, grâce au système de fermeture imaginé par M. Viala. On peut également ouvrir les portes à la main sans déplacer les caisses du châssis. Ce système, d'une très grande simplicité, est le premier en date, permettant à la fois l'ouverture automatique et à la main.

La première application en France, d'un basculeur latéral, qui figurait déjà à l'Exposition universelle de 1878, a été faite aux mines de Bruay. Elle est due à M. Fougerat, Ingénieur en chef du matériel et des constructions de cette Société houillère.

Cet appareil se compose d'une plate-forme placée dans l'axe de la voie parallèle au quai. Les fers transversaux des extrémités de la plate-forme sont recourbés verticalement et viennent s'appuyer sur deux tourillons. La partie supérieure de ces montants verticaux est terminée par un mouvement à vis sans fin permettant de serrer deux taquets contre la caisse du wagon afin de la maintenir dans son mouvement d'inclinaison. En dessous de la plate-forme se trouve une presse hydraulique ordinaire qui reçoit l'eau d'une pompe, ou mieux d'un accumulateur-régulateur de pression. Le piston de la presse hydraulique est réuni à la plate-forme par l'intermédiaire de deux bielles. Une trémie trapézoïdale sert à conduire le charbon du wagon dans le bateau. Avec quatre culbuteurs de ce genre, la Compagnie de Bruay peut embarquer **5 000** *t* de houille par jour.

M. Malissard-Taza, directeur-gérant de la maison Veuve Taza-

Villain, a fait construire dernièrement, pour les mines de Marles, un basculeur automatique à pendule différentiel et à frein hydraulique. Ce basculeur complet figurait à l'Exposition. Il se compose d'un tablier parfaitement rigide, muni de deux gros axes, tourillons de rotation, reposant sur deux paliers en fonte scellés sur le châssis en bois qui forme l'encadrement intérieur. Ce tablier reçoit le wagon chargé, qui se trouve maintenu d'un côté par deux joues en tôle épaisse, et de l'autre, à la hauteur des longerons, par deux mains d'arrêt. Ces arrêts se manœuvrent par le moyen d'un petit volant actionnant une vis fixe dont la main forme l'écrou mobile. Le wagon se trouve ainsi complètement calé.

Le basculeur est maintenu fixe et horizontal par un verrou sur lequel il repose. Ce verrou est guidé par une gaine en fonte, et commandé par un levier; il est maintenu fermé par un contrepoids.

La première manœuvre pour le basculage consiste à ouvrir le verrou de sûreté : cela fait, le tablier et le wagon restent encore au repos, maintenus par le frein hydraulique auquel le basculeur est attelé par l'intermédiaire d'une bielle. Le mécanicien ouvre alors lentement avec un volant le robinet qui établit la communication des parties supérieure et inférieure du cylindre. Le basculeur s'incline doucement, retenu par le frein. A cette action vient s'ajouter celle du contrepoids pendule attaché au basculeur, et dont l'effet, nul au début, prend successivement, par l'effet de l'inclinaison, une plus grande importance. Tout le système étant basculé sous un angle de 35°, on ferme complètement le robinet, et cela suffit pour maintenir le basculeur à l'état de repos. Toutefois, par mesure de précaution, on fait jouer le verrou qui prend le tablier à sa partie supérieure.

Le wagon étant vidé, pour le ramener dans sa position horizontale, il suffit de dégager de nouveau le verrou de sûreté, et d'ouvrir légèrement le robinet de communication. Le charbon ne faisant plus équilibre au contre-poids pendule, tout le système se met en mouvement en sens inverse. Le wagon, construit aussi par M. Malissard, est fermé par des portes qui s'ouvrent automatiquement un peu avant la fin du culbutage par le fait de la butée de leurs verrous de fermeture sur les supports fixes adaptés au châssis en bois de l'installation. Comme dans le wagon de Liévin, les portes peuvent aussi s'ouvrir à la main.

Le charbon se déverse dans une trémie capable de contenir 10 *t*.

Cela permet de vider plus rapidement le wagon. Pendant que le basculeur se relève et que l'on remplace le wagon vide, on distribue dans le bateau le charbon emmagasiné.

La Compagnie des Mines de Béthune possède à Violaines une installation très complète de rivage dont les culbuteurs présentent beaucoup d'analogie avec celui que nous venons de décrire. De plus, pour faciliter la manœuvre des bateaux le long du rivage, on a installé une chaîne sans fin le long du quai. En s'amarrant à cette chaîne qui est animée d'un mouvement très lent, les bateliers font avancer leur bateau dans un sens ou dans l'autre.

Le modèle de l'ensemble de ce rivage figurait à l'Exposition.

L'Exposition montrait de nombreux spécimens de wagons verseurs, qui sont, comme on sait, très employés dans les terrassements et dans certaines exploitations. Les types en sont connus, et nous n'en avons pas remarqué s'appliquant à des charges de quelque importance.

PRÉPARATION MÉCANIQUE

BROYEURS

La préparation mécanique des minerais proprement dits était peu représentée à l'Exposition universelle de Paris.

Nous devons toutefois citer les appareils bien connus qu'exposaient MM. Jacomety et Lenicque, notamment leurs caisses de classification de matières fines, leur crible continu à grilles filtrantes, et leur broyeur à mâchoires composé de deux plaques en fonte durcie dont l'une est fixe et l'autre mobile, Celle-ci est mise en mouvement par une came oscillante contre laquelle elle s'appuie. L'appareil devant céder devant un fragment trop dur, la came s'appuie elle-même sur un volet formé de deux tôles assemblées qui se plieront sous l'effort d'une pression trop forte : il suffira de changer les tôles pour réparer un accident en quelques minutes.

Parmi les meules verticales, M. Jannot, de Triel, exposait un broyeur tamiseur pour tous minerais.

La maison Veidknecht exposait un concasseur à huit manettes pour coke ou charbon produisant 40 *t* à l'heure avec une force de 5 chevaux, ainsi que son pulvérisateur et son granulateur.

Dans ces appareils le concassage est obtenu au moyen de marteaux articulés sur un arbre tournant (système Loiseau).

Il faut rappeler également le broyeur et le pulvérisateur à mâchoires multiples de M. Théodore Blake, de New-Haven (Connecticut), et le broyeur Vapart exposé par M. Eugène Bordier.

Le cyclone pulvérisateur était une des nouveautés de l'Exposition. Il est basé sur un principe différent de celui des autres broyeurs. Deux hélices en acier tournant en sens inverse et en face l'une de l'autre dans un espace restreint produisent une sorte de tourbillon dans lequel les matières à broyer sont entraînées et projetées les unes contre les autres avec une puissance destructive considérable. Sous cette action répétée, les différentes parties se brisent presque instantanément en particules réduites à un état de ténuité très grande. Les matières ainsi réduites sont entraînées dans des chambres de dépôt par une simple aspiration réglable à volonté et produite par un ventilateur ; elles se classent naturellement suivant leur degré de finesse et de densité.

SÉPARATION MAGNÉTIQUE DES MINERAIS

Depuis quelques années on a utilisé avec avantage pour la séparation mécanique des minerais la propriété magnétique dont jouissent certains d'entre eux.

L'Exposition de M. Edison montrait un appareil qu'il dénommait trieuse électrique et dans laquelle le champ magnétique était déterminé par le courant d'une machine dynamo. La bobine sur laquelle est enroulé le fil est mobile dans un plan vertical et l'ouverture, par laquelle tombe le minerai à trier, peut être réglée en grandeur et en position.

Cet appareil est beaucoup moins perfectionné que celui construit par M. l'Ingénieur Vial pour la séparation des minerais de zinc ferrugineux de Mercadal (Espagne). L'appareil des mines de Mercadal se compose d'un faisceau de six aimants en fer à cheval, groupés horizontalement par les pôles semblables sur une règle fixe en bronze, et séparés les uns des autres par des cloisons faites du même, Une feuille mince de fer doux réunit les pôles et évite tout désalliage d'aimantation. Les aimants sont entourés d'un cylindre en zinc, frôlant presque les bords des aimants et animé

d'un mouvement de rotation. Tout l'ensemble peut être plus ou moins éloigné de la rainure de la trémie, par laquelle s'écoulera le minerai en couche mince. Afin d'éviter que la rainure ne s'obstrue, elle est constamment soumise au choc d'une planchette à marteaux actionnée par deux cames placées sur la poulie qui donne le mouvement au cylindre en zinc. Une cloison articulée située dans la verticale permet de faire la séparation du minerai d'après les données de l'expérience. Le minerai tombant en nappe mince devant le champ magnétique fixe, tout ce qui est ferrugineux est attiré par les aimants et dévié plus ou moins de la verticale suivant la richesse en fer, les parties les plus riches allant jusqu'à adhérer aux cylindres en zinc; mais la rotation de ce dernier les éloignant de l'influence magnétique, elles se détachent et tombent. La partie du cylindre qui recouvre directement les aimants est ainsi rendue libre de tout minerai et l'attraction magnétique reste toujours complète.

Le trieur magnétique Vavin se compose essentiellement de deux cylindres superposés tournant dans le même sens et formés d'anneaux en fer doux, séparés par des anneaux de cuivre; les anneaux de fer doux sont en contact avec des aimants en fer à cheval placés dans l'intérieur des cylindres. On utilise généralement cet appareil pour la séparation des limailles de fer de celles d'autres métaux.

Le trieur électro-magnétique de Humboldt a pour partie principale un cylindre de laiton mobile autour d'un axe horizontal et dont la surface est hérissée de petites ailettes. A l'intérieur du cylindre, sur un quart de la surface, compté à partir du plan horizontal passant par l'axe et normalement à la surface, on a disposé des électro-aimants fixes. Le minerai tombe devant la partie du cylindre qui recouvre les aimants, en sorte que les parties non magnétiques achèvent immédiatement leur chute dans une première trémie, tandis que les autres fixées aux ailettes vont tomber plus loin, une fois le laiton soustrait à l'influence.

L'électro-séparateur Kessler se compose d'une chaine sans fin formée de lanières de cuir qui réunissent des languettes de fer doux armées de nombreuses pointes saillantes. La chaine s'aimante en passant sur un cylindre en fer doux. Le minerai est amené par un déversoir dans un coursier qui accompagne la chaine au voisinage du cylindre aimanté. Les parties magnétiques s'attachent aux aspérités de la chaine, tandis que les autres tom-

bent immédiatement à la sortie du coursier. Le cylindre de fer doux supporte deux chaînes semblables ; entre les deux, il est entouré d'une bobine qui donne l'aimantation,

L'électro-trieur Siemens est également à citer. Les électro-aimants y sont en relation avec une machine dynamo-électrique à courant continu ; on peut faire varier l'intensité magnétique suivant les conditions du minerai à traiter et cela par le changement de vitesse de la bobine inductrice.

Dans la trieuse Jaspar, deux électro-aimants très puissants sont placés horizontalement et mis en regard de leurs pôles du même nom. Les noyaux des bobines sont réunis intérieurement sur des cylindres de plus grand diamètre, lesquels forment ainsi deux surfaces polaires, l'une positive et l'autre négative. Ces deux cylindres tournent en sens inverse; entre eux on a ménagé un certain intervalle pour le passage des matières à trier.

PRÉPARATION MÉCANIQUE DE LA HOUILLE

On sait le rôle que joue aujourd'hui dans le commerce de la houille la préparation mécanique proprement dite. La nature particulière de certains combustibles, les rivalités commerciales, les exigences toujours croissantes des consommateurs et aussi l'usage plus rationnel des foyers ont conduit à imaginer des appareils très perfectionnés, tant pour la classification que pour l'épuration des charbons Et, si quelques pays, grands producteurs de houille, comme l'Angleterre, livrent encore aux consommateurs, pour la plus grande partie, le charbon tel que le donne l'abatage, c'est-à-dire le tout venant, on peut dire qu'il est de règle, tout au moins sur le continent, de séparer cette houille par grosseurs ; c'est ainsi que dans la plupart des installations bien organisées, le tout venant peut être reconstitué par un dosage convenable des sortes préalablement triées.

Il n'entre pas dans le cadre de cet aperçu de décrire les puissantes installations d'ateliers de préparations des charbons telles que les comprend l'industrie moderne; on ne peut toutefois passer sous silence les ateliers d'Anzin, de Lens, de Commentry, de Blanzy, de Carmaux, etc.

La Compagnie des mines d'Anzin montrait, dans son exposition, l'installation complète des ateliers de la fosse Lagrange. Les charbons au sortir de la mine sont culbutés sur un crible Briart de 2,40 *m* de longueur par un verseur mécanique contenant deux

berlines à la fois. Le crible retient le gros et la grosse gailleterie et laisse passer tout ce qui est inférieur à 0,06 *m*. Une table à secousse de 2,300 *m* de largeur complète la division en retenant la petite gailleterie et laissant les produits inférieurs tomber dans une vaste trémie. La grosse et la petite gailleterie peuvent être chargées mécaniquement après avoir été lavées sur des toiles métalliques, système de Lens. Les fines inférieures à 0,06 *m* (trous ronds) sont puisées dans la trémie par une noria et remontées à la partie supérieure d'un atelier de lavage où elles sont décomposées en :

Fines de	0 à 8
Grains de	8 à 15 (1)
	15 à 25 (2)
	25 à 45 (3)
	45 à 60

Les numéros (1), (2) et (3) sont lavés ; les braisettes 45-60 sont triées à la main. Une autre partie de l'atelier comprend quatre cribles à grilles fixes et à divers écartements afin de pouvoir fournir au commerce des fines à 0,025 (barreaux), à 0,040 ou à 0,060. Ils peuvent également fournir des tout venants ordinaires ou contenant 40 à 45 0/0 de gailleteries. Tout l'atelier peut traiter de 12 à 1 500 *t* de charbon par jour.

L'exposition de Mariemont montrait aussi l'appareil de M. Briart, que nous venons de voir figurer parmi les installations d'Anzin. Deux séries alternantes de barreaux mobiles, assemblées chacune sur un cadre différent, s'élèvent ou s'abaissent en prenant un mouvement de translation vers la partie inférieure de leur déplacement.

A Decize, on a préféré le crible à secousses de dimensions restreintes (2,75 *m* de longueur, 1,50 *m* de largeur) et donnant un grand nombre de coups par minute. Chaque crible pèse 350 *kg* et est formé de deux tôles d'acier perforées superposées donnant trois grosseurs.

Les mines de Carmaux exposaient leur atelier de criblage et de triage qui comprend :

1° Un verseur mécanique capable de recevoir deux wagonnets à la fois, soit 900 *kg* de charbon ;

2° Une trémie, pourvue d'une grille à barreaux longitudinaux, qui retient les gros morceaux. Ceux-ci glissent sur une table où ils sont examinés et écaillés au besoin, puis dirigés par un couloir

à un niveau inférieur. Ce qui passe à travers la grille s'écoule par deux couloirs terminés par deux rouleaux distributeurs;

3° Chacun de ces rouleaux déverse régulièrement le charbon sur un crible à secousses pourvu de deux tôles perforées. Les refus de ces deux tôles sont projetés séparément sur deux toiles sans fin contiguës, sur lesquelles on peut opérer un triage complet. Ce qui tamise à travers la deuxième tôle, et qui n'est plus triable à la main, peut au besoin être séparé en deux parties par une troisième tôle. Dans ce cas le refus est envoyé sur une toile sans fin inférieure, tandis que la partie tamisée tombe dans une trémie. Par un jeu de volet on peut d'ailleurs réunir ces deux dernières parties soit sur la toile sans fin, soit dans la trémie;

4° Les couloirs qui reçoivent les deux premières qualités au sortir des toiles sont distincts. Par l'enlèvement de volets, ces deux sortes peuvent être réunies dans un collecteur commun et versées dans le même wagon que les parties tamisées amenées par la toile inférieure. Le tout-venant peut être ainsi reconstitué après nettoyage.

Les toiles sans fin, en chanvre de Manille, sont pourvues de tendeurs à leurs deux extrémités.

Un atelier de ce genre peut traiter 400*t* par poste de huit heures. Il demande une force motrice de 4 chevaux-vapeur.

M. Karlik a proposé, en 1885, un crible à mouvement de pendule, qui s'est répandu assez rapidement en Allemagne et en Belgique. L'appareil se compose d'une série de tôles perforées, superposées, rondes et fixées à l'extrémité de pièces en fer formant les génératrices d'un cône suspendu par son sommet à l'aide d'une articulation sphérique : le mouvement est donné par un plateau-manivelle faisant environ 150 tours par minute.

MM. Coxe et Salmon ont exposé un crible rotatif composé de quatre tôles perforées d'inégale grosseur, superposées et fixées dans un même châssis. Ce châssis rectangulaire repose à chacun de ses angles sur une table horizontale par un double cône, dont une nappe roule sur la table, tandis que l'autre roule sur la face inférieure du châssis. Diverses solutions peuvent d'ailleurs être employées pour maintenir le cône dans sa position : prisonnier sphérique, gorge creusée dans la surface du cône et correspondant à une nervure de la table, etc. Le mouvement donné par un excentrique a son amplitude déterminée par l'angle d'ouverture des cônes. En changeant ceux-ci, on fait donc varier le mouve-

ment suivant les matières à traiter. Le crible fait de 110 à 160 tours par minute.

M. Cl. Bernard, ingénieur à Bruxelles, fait supporter sa table oscillante par deux arbres montés sur excentriques: l'un, à la partie supérieure de la table; l'autre, à la partie inférieure. Les excentricités sont variables. Si on considère la section de la table par un plan vertical perpendiculaire aux arbres, on voit que chacune des extrémités de la droite d'intersection décrit un cercle. Si les rayons sont égaux, tous les autres points décriront des cercles égaux; si les rayons sont différents, ils décriront des ellipses dont on pourra faire varier l'excentricité à volonté, suivant le rapport des rayons choisis.

L'inventeur revendique pour cet appareil les avantages suivants: on peut obtenir le même effet avec une vitesse plus petite que dans les autres tamis oscillants. Les ouvertures ne sont jamais obstruées. On peut à volonté déplacer l'effet maximum de tamisage vers le haut ou vers le bas, en agissant sur les excentriques.

On sait que le triage se fait soit sur les grilles elles-mêmes, ou bien sur des couloirs, ou encore sur des tables fixes ou tournantes. Les toiles sans fin, de chaque côté desquelles se placent les trieurs, et qui servent également de transporteurs, sont très répandues aujourd'hui : l'Exposition en montrait de nombreux exemples.

L'Epurateur de charbons à sec de M. Sottiaux est basé sur la différence de friabilité du charbon et des pierres. Il implique donc le broyage en petits grains et ne peut servir que pour la fabrication des agglomérés ou du coke. Les charbons sont versés par une trémie dans un cylindre horizontal fixe dont la paroi intérieure est cannelée. Ce cylindre est suivi d'un classeur en tôle perforée. Sur l'axe de ces cylindres, et montées sur croisillons, six lames de forme hélicoïdale tournent avec une vitesse de 260 tours par minute, frappent la matière, la projettent sur la paroi cannelée et la conduisent vers l'extrémité de sortie du cylindre, c'est-à-dire sur la tôle perforée.

Le charbon amené, à un état de division plus grand que la pierre, passe à travers la tôle et la pierre est rejetée à l'extrémité du tambour.

Un dernier cylindre classeur, tournant à sens inverse des lames broyeuses, termine l'évacuation des parties fines qui se réunissent dans une enveloppe en tôle.

Cet appareil demande 15 chevaux de force et peut, d'après l'inventeur, produire 35 à 50 *t* à l'heure. La quantité de pierre est réduite de 12 à 8 0/0 et les quantités de charbon entraînées par les pierres ne dépassent pas 2 1/2 0/0.

LAVAGE DE LA HOUILLE

Les ateliers allemands ou lavoirs à grilles filtrantes, presque tous construits sur le même modèle se sont répandus en France et en Belgique. Ces ateliers se composent d'appareils connus et depuis longtemps employés dans nos houillères. Ce qui les caractérise et ce qui en a déterminé le succès consiste dans la succession précise et méthodique des procédés de classification et de lavage, ainsi que la plus grande importance donnée à la classification des fines par courant d'eau.

Un atelier sera composé en général ainsi qu'il suit : une grille à secousse donne les gros à trier à la main et les menus ; un jeu de trommels reprend ces menus et donne six sortes, dont les cinq premières sont lavées séparément par cinq cribles hydrauliques à pistons animés de courses et de vitesses différentes.

Les eaux de lavage, de même que la sixième sorte du trommel (fines et pulvérulents) sont dirigées sur des caisses pointues (spitzkasten). Les fines ainsi classées sortent par le fond des caisses et sont distribuées sur des cribles à grille filtrante ou cribles à feldspath. Les eaux chargées de moures et d'argile passent sur une nouvelle série de caisses pointues, dont les premiers dépôts sont encore utilisables.

Un atelier complet, construit d'après ces principes pour traiter 400 *t* de houille en dix heures était exposé par M. Bernard et Seibel.

Le prix élevé de ces appareils et les quantités d'eau importantes qu'ils exigent ont restreint leur application, notamment en France où, en ceci comme en bien d'autres choses, chaque houillère s'est surtout appliquée à perfectionner l'outillage dont elle disposait et dont elle avait la pratique.

C'est ainsi que la Société des mines de Carmaux a transformé son ancienne batterie de bacs à piston en ce qu'elle appelle lavoir double.

Cet appareil, destiné à pousser aussi loin que possible l'épuration des menus, se compose de deux bacs à piston mus mécaniquement.

Les parties les plus légères de la masse, soumise au lavage, sont enlevées dans le premier lavoir par une roue à palettes qui les rejette dans le second où elles sont soumises à un nouveau classement de densité.

Les produits les plus purs sont éliminés comme dans le premier lavoir par une roue à palettes qui les envoie, par l'intermédiaire d'une toile sans fin en fils métalliques, dans les trémies d'égouttage.

Celles-ci au nombre de deux reçoivent alternativement les produits lavés, l'une s'emplissant tandis que l'autre est en vidange.

Dans chaque lavoir les matières les plus denses s'échappent par une lumière ménagée au-dessous du niveau des charbons purs. Le passage des matières est d'ailleurs réglé par une petite roue à palettes qui tourne, à intervalles réguliers, de l'angle de deux palettes consécutives.

Ce mouvement est déterminé par une roue à taquets qui attaque une étoile. En augmentant ou en diminuant le nombre des taquets on démasque à des intervalles plus ou moins rapprochés la lumière d'évacuation des matières pauvres.

Celles-ci tombent dans une caisse fermée d'où on les extrait de temps à autre par une vanne.

Les schlamms accumulés dans la caisse principale sont extraits seulement toutes les dix heures.

Cette sorte de lavoir peut traiter utilement tous les charbons menus dont la grosseur maximum ne dépasse pas **0,030** *m* et n'est pas inférieure à **0,012** *m*.

Le premier lavoir élimine le stérile proprement dit; le second, les charbons barrés.

On passe par journée de dix heures et par appareil **30** *t* de charbon brut avec une consommation journalière d'eau de **20** m^3, étant supposé qu'on ne se sert jamais qu'une fois de la même eau, ce qui n'est pas indispensable.

La force nécessaire pour faire fonctionner un de ces appareils n'atteint pas trois quarts de cheval-vapeur.

M. Maximilien Evrard exposait le lavoir à palettes de son invention. Le système consiste essentiellement : 1° dans l'entraînement mécanique sur toute la longueur de la table de lavage de la couche superficielle de la matière traitée ; 2° dans la division de la table de lavage en autant de compartiments que l'on veut obtenir de qualités différentes ; 3° dans une action graduée du pistonnage différente pour chacun des compartiments en l'appropriant à la densité des grains qu'ils contiennent.

L'appareil comprend :

1° Un châssis fixe de 3 *m* de longueur, recouvert de tôles perforées. Les diamètres des trous diminuent progressivement depuis le point d'arrivée des charbons ;

2° Un cadre mobile garni de palettes verticales ;

3° Des vannes et contre-vannes pour le départ des pierres ;

4° Un piston agissant sur toute la surface de l'eau du bac par la compression de l'air enfermé entre l'eau et le piston ;

5° Tous les mécanismes nécessaires pour le piston, le cadre mobile et le tiroir de la trémie de distribution du charbon.

Le cadre mobile a un mouvement en avant de 0,50 *m*, pendant lequel il entraîne et remue la couche superficielle, puis il se soulève au-dessus de la charge et revient en arrière : le charbon est donc repris six fois depuis son entrée sur le châssis jusqu'à sa sortie. Le piston donne 45 à 55 coups par minute pendant ce parcours.

Cet appareil pèse environ 6 000 *kg*, et demande une force motrice de 4 à 6 *chx* et un ouvrier pour traiter dans deux lavoirs accouplés 12 à 18 *t* par heure.

Dans le lavage sur la table d'un bac à piston, les fragments suivent une trajectoire qui dépend de leur densité, de leur forme, de leur volume et de l'état de leur surface : ainsi, pendant que les grès, schistes et impuretés gagnent rapidement le fond, les charbons descendent moins vite, et ont au contraire une vitesse horizontale plus grande,

M. Lemière utilise ce mode de classification pour purifier les charbons. Sur une table légèrement inclinée et formée de pièces de toiles métalliques, il dispose de loin en loin des valves qui s'ouvrent et se ferment sous l'action du pistonnage : à chaque pulsation elles absorbent une certaine quantité de matière. La première valve enlève les grès, schistes, etc. : les suivantes donnent des charbons classés par ordre décroissant de teneur en cendre.

L'appareil imaginé par M. Marsaut, ingénieur en chef de la Compagnie houillère de Bességes, se rapproche dans sa disposition générale du lavoir de M. Gervais. Seulement, dans cet ancien lavoir, on procédait avec la vapeur par ascensions ou descentes alternatives, tandis que M. Marsaut a réalisé la descente continue. Une cuve de section rectangulaire, ouverte à sa partie supérieure est fermée au bas par une cloison munie de vannes. Au-dessus de la cuve et dans son axe est placé un cylindre avec piston hydraulique dont la tige supporte une cage en fer guidée, dont le fond

est une claie ordinaire de lavoir. L'eau distribuée régulièrement dans le cylindre détermine la descente de la cage par chutes régulières, variables à volonté de 2 à 20 *cm* d'amplitudes. La cage relevée, le charbon est séparé en tranches par des cadres-tiroirs qui forment les côtés de la cage ; ces cadres sont mis en mouvement par des pistons hydrauliques ; chaque tranche est déversée dans une trémie spéciale. On lave ainsi en même temps de 3 à 6 *t*. Les essais faits à Bessèges ont montré qu'un ouvrier ordinaire peut faire produire à un lavoir de ce genre et de dimensions moyennes 120 à 150 *t* de charbon lavé en dix heures.

AGGLOMÉRATION

L'utilisation des menus par leur transformation en briquettes agglomérées au moyen de brai provenant de la distillation du goudron, s'est beaucoup développée. Toutefois, les chemins de fer pour lesquels cette fabrication avait tout d'abord été créée, tendent de plus en plus à brûler directement les menus sur des foyers appropriés. Il convient d'ajouter que l'usage des briquettes s'est répandu pour les foyers domestiques et a donné lieu ainsi à une fabrication très variée d'agglomérés de petites dimensions qu'on désigne sous le nom de briquettes à trous, agglomérés ovoïdes, etc.

Le brai est toujours la matière agglutinante. De ce fait la France est tributaire de l'Angleterre. Cependant, on commence à y distiller le brai dans quelques usines, installées à cet effet.

M. Roux, chef de fabrication aux ateliers d'agglomération de Port-de-Bouc, a fait breveter une presse qui a été perfectionnée par MM. Veillon frères, d'Alais. Ces constructeurs exposaient les dessins de cette machine où la double compression est donnée par une presse hydraulique.

M. Couffinhal, ingénieur des ateliers de la maison V. Biétrix et Cie, a perfectionné sa première machine brevetée en 1878. Un mouvement alternatif est donné à deux balanciers placés au-dessus d'un plateau à alvéoles; ces balanciers portent le piston compresseur supérieur et le piston démouleur. Une seconde paire de balanciers porte, au-dessous du plateau, le piston compresseur

inférieur. La compression est double ; son intensité, par centimètre carré, est limitée par une disposition ingénieuse. L'axe arrière des balanciers supérieurs peut se déplacer dans une coulisse verticale; il y est maintenu par la pression du piston d'un court cylindre hydraulique dit pot-de-presse. Lorsque l'effort dépasse une certaine limite, les soupapes maintenues par des ressorts se soulèvent Grâce à cette disposition, la compression se fait en trois temps :

1° Le piston supérieur s'enfonce dans le moule jusqu'à ce que la réaction développée atteigne une certaine limite;

2° Le piston inférieur monte jusqu'à ce que la pression soit égale sur les deux faces de la briquette ;

3° Le piston du pot-de-presse se met en mouvement et la pression est maintenue sur les deux faces pendant une certaine période.

Les chiffres suivants correspondent à l'une des presses exposées dans la Galerie des Machines et donnant des briquettes de 9 à 10 *kg* :

Pression sur chaque face.	160 000 *kg*
Production par poste de dix heures. . . .	150 *t*
Poids de la machine	26 000 *kg*

La maison Biétrix, de Saint-Étienne, a fourni un grand nombre de ces presses. Comme exemple de l'ensemble d'une installation, nous citerons celle qu'exposaient les charbonnages belges de Marihaye et qui se compose :

Des appareils de préparation et de distribution de brai par soles tournantes ;

D'un broyeur à brai et à charbon;

Du four à sécher et à chauffer le charbon, système Couffinhal ;

De la presse Couffinhal.

Le brai broyé fin rejoint le charbon à sa sortie du four, et, se mélange avec lui dans une vis d'abord et dans un mallaxeur vertical ensuite. Ces deux appareils sont à enveloppe de vapeur. De là le mélange se rend dans la distribution de la presse. Un cordon transporteur, sur lequel tombent les briquettes au sortir de la presse, mène celles-ci au wagon de chargement. La presse peut fournir en dix heures, 90 *t* de briquettes de 5 *kg*, ou 35 *t* de briquettes perforées de 1 *kg*, ou 80 *t* de briquettes de 700 *g*.

Il convient de citer la machine à moules ouverts, employée aux mines de Mariemont, dans laquelle deux pistons horizontaux fou-

lent successivement la pâte dans deux moules à section rectangulaire alimentés par un distributeur.

M. Guinotte a introduit récemment un perfectionnement qui consiste à intercaler deux cylindres hydrauliques, communiquant entre eux, entre les pistons compresseurs et les bielles qui les commandent. La pression est maintenue constante dans le cylindre à l'aide d'un piston plongeur qu'on charge à volonté ; de cette manière les manivelles travaillent de telle façon que l'effort compresseur s'y trouve partagé entre les deux courses, tandis que dans les machines ordinaires elles supportent l'effort total pendant l'une des courses seulement.

Une machine à agglomérer, basée sur le même principe, a été exposée par la Compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée. Elle a été créée par M. A. Henry, ingénieur en chef du matériel et de la traction. Elle se compose d'un nombre plus ou moins grand d'éléments identiques entre eux, et contenant chacun deux moules. Chaque moule est fixe, formé d'un cylindre horizontal ouvert à ses deux extrémités et surmonté en son milieu d'une petite trémie de chargement. Par l'une des extrémités pénètre le piston compresseur mené par un excentrique. L'autre extrémité peut être successivement fermée et ouverte par un piston obturateur conduit par une came dont la forme est telle que le moule reste bouché pendant la période de compression, et s'ouvre rapidement lorsque le piston compresseur achève sa course en démoulant la briquette. Les obturateurs s'appuient sur des rondelles Belleville, dont la flexion n'est possible que sous un effort de 300 *kg* par centimètre carré, exercée sur la tête du piston. Les rondelles doivent fléchir à chaque compression. Il suffit, pour obtenir ce résultat, d'introduire dans le moule une quantité de mélange suffisante pour remplir, après compression, un espace un peu supérieur à l'espace minimum existant entre les deux pistons. On sera sûr d'obtenir ainsi la flexion des ressorts. La quantité de mélange introduite est déterminée par le tiroir distributeur de chaque trémie. Une machine semblable à celle qui était exposée fonctionne aux mines de La Chazotte, et produit 18 *t* de briquettes en dix heures, à 30 tours par minute. Le mélange à comprimer renferme 3 0/0 d'eau et 5 0/0 de brai.

La Compagnie des fonderies et forges de l'Horme exposait une presse pour agglomérés ovoïdes, système Robert. La presse comporte deux paires de roues tangentielles dont les arbres ont un écartement variable à volonté. Deux roues dentées, qui engrènent

ensemble, communiquent aux deux roues d'une même paire un mouvement en sens inverse, convergent vers l'intérieur du haut en bas, de façon à entraîner le mélange. L'une des roues dentées est actionnée par un pignon calé sur l'arbre des poulies de commande. Sur la surface des roues tangentielles sont creusées des cavités demi-ovoïdes qui, en se rencontrant deux à deux, forment moule.

La maison Pinette, de Chalon-sur-Saône, exposait une machine à boulets ovoïdes (système Fouquemberg), fabriquant 6 *t* à l'heure. Elle se compose de deux rouleaux tournant en sens inverse, couverts de petits moules disposés comme des alvéoles, et coïncidant exactement deux par deux quand ils arrivent à la ligne de contact des rouleaux. Le démoulage se fait naturellement par l'effet de la pesanteur. L'arbre moteur, commandé par poulie, porte deux vis sans fin, entraînant en sens inverse deux engrenages hélicoïdaux calés sur les arbres des rouleaux. L'égalité d'usure des vis maintient les demi-moules des deux rouleaux en coïncidence parfaite et annule la poussée sur les coussinets. Les vis et les roues hélicoïdes baignent dans de l'huile et sont recouvertes par une enveloppe en tôle qui les préserve de la poussière. Les coussinets des paliers sont en quatre pièces et à coins de serrage pour racheter l'usure et réduire au minimum les coutures des agglomérés. Les cylindres sont creux et chauffés par un courant de vapeur lors de la mise en marche, de manière à éviter les empâtements.

MM. Th. Dupuis et Fils, constructeurs-mécaniciens, construisent une machine à agglomérer dans laquelle l'emplissage des moules se fait au moyen d'un distributeur à trois palettes. La compression est obtenue au moyen d'un piston dont la tige est réunie à la tête par une boîte contenant douze paires de ressorts Belleville.

Ces constructeurs ont exposé en outre une nouvelle machine à boulets à plateau horizontal. L'emplissage est réglé à volonté en marche en diminuant ou en augmentant le volume des moules. La pression est élastique, car, au moment où les moules passent sous les pistons supérieurs, les pistons inférieurs montent sur un galet, dont l'axe repose sur des ressorts; grâce aussi à ce mouvement, la compression a lieu sur les deux faces. Le démoulage est assuré par le piston inférieur. Une broche fixe qui passe à travers ce piston permet d'obtenir des boulets perforés.

TABLE DES MATIÈRES

NOTE

SUR

LE FOYER SYSTÈME COHEN

PAR

M. G. LEROUX

Ayant eu l'occasion d'étudier le foyer système Cohen, il m'a semblé, après examen, qu'il y avait quelque intérêt à le présenter devant la Société des Ingénieurs civils.

I. — Description.

Le foyer système Cohen comporte trois grilles distinctes surmontées d'une trémie (A) en tôle et cornières. *(Fig. 1, 1 bis et 2.*

La grille principale (C), inclinée à environ 45° sur l'horizontale, est formée de barreaux en fonte indépendants reposant à leur partie inférieure sur un sommier en fer *(l)* et à leur partie supérieure sur un arbre porté par deux bras en fonte (M M').

Ces barreaux ont une grande hauteur, afin de faciliter leur refroidissement par l'air traversant la grille. Ils portent une série de nervures, les unes à la partie inférieure, symétriques par rapport à l'axe du barreau pour maintenir leur écartement; les autres, à la partie supérieure, au nombre de trois ou quatre, placées sur une seule face du barreau, et qui ont un double but : maintenir l'écartement et empêcher les fines non encore agglutinées de tomber dans le cendrier. Un des barreaux extérieurs présente seul des nervures sur les deux faces.

La partie postérieure du barreau porte également sur une certaine longueur une nervure moins large, le long de laquelle se déplace le sommier mobile supportant la grille à sa partie supérieure, lorsque l'on veut abaisser celle-ci pour l'allumage du foyer. Nous reviendrons plus loin sur cette manœuvre.

La grille de pied (D) reçoit les cendres et les mâchefers, elle repose à l'arrière sur un sommier en fonte (R) prolongé par des briques réfractaires formant l'autel du foyer et à l'avant sur une traverse en fonte (S) encastrée dans les maçonneries latérales.

Elle est soutenue en son milieu par une console, sur laquelle repose également la partie médiane du sommier inférieur de la grande grille.(C).

Grâce à cette disposition, ce sommier peut être fait en deux pièces.

Les barreaux de la grille de pied sont jointifs sur une partie de leur longueur pour restreindre autant que possible le passage de l'air en cet endroit.

Un des derniers perfectionnements apportés a été le remplacement de la traverse en fonte supportant l'avant des barreaux de la grille de pied par une traverse en fer *(Fig. 2.)*. La température existant en ce point permet cette substitution et l'on n'a plus à redouter les ruptures de cette traverse lorsque l'on vient éteindre les mâchefers dans le cendrier par un arrosage.

La grille supérieure (B) est formée de barreaux dont la forme varie avec la nature du combustible. Ceux-ci sont fixés sur un cadre (I) auquel on peut donner un mouvement de rotation au moyen d'un levier (L) placé extérieurement sur un des côtés du foyer.

Ces barreaux portent une série de nervures sur une seule face, sauf les barreaux extrêmes qui sont à double nervure. Ces nervures servent tant à maintenir l'écartement qu'à empêcher les fines de tomber dans le cendrier.

A la même hauteur que cette grille supérieure se trouve une voûte en briques réfractaires (E) et sur les côtés des orifices (G) d'arrivée d'air.

L'air peut également pénétrer à travers les barreaux de la grille supérieure (B) par les orifices *(g)* et sous la grille (C) par un papillon placé sur les portes du foyer. Mais ces deux arrivées d'air sont séparées par un diaphragme *(q)* afin d'en rendre le réglage indépendant.

L'appareil est renfermé dans une boîte rectangulaire formée de deux côtés en fonte garnis intérieurement de briques réfractaires, reliés à l'avant et à leur partie supérieure par des traverses en fonte. A la partie antérieure se trouve une ou deux portes, suivant la largeur du foyer.

La voûte réfractaire (E) repose sur les deux côtés du foyer.

II. — Fonctionnement.

Le chargement du combustible se fait dans la trémie (A). Elle porte sur sa face antérieure deux fers plats entre lesquels on peut introduire un sabre pour assurer la descente régulière du combustible sur toute la largeur du foyer et éviter toute obstruction à la partie basse de la trémie.

En raison de la hauteur de l'appareil et afin de ne pas gêner le nettoyage des bouilleurs ou des tubes de la chaudière, cette trémie (A) peut se rabattre complètement sur l'avant du foyer en tournant autour de l'axe *(f). (Fig. 1, 1 bis et 2.)*

Le combustible glisse d'une part entre une plaquette en fonte *(Fig. 1)* ou en fer *(Fig. 2)* à l'arrière dont l'extrémité inférieure a pour but de régler l'épaisseur de la couche de combustible sur la grille, d'autre part entre les fers plats cités plus haut sur la face antérieure.

Ce combustible tombe sur la grille supérieure (B). Il y est soumis à la chaleur due au rayonnement de la voûte (E), ce qui a pour effet de produire la distillation. Les gaz combustibles dégagés sont mélangés à de l'air passant à travers la grille (B) et arrivant également par les orifices latéraux (G) au-dessus de la couche de combustible. Le comburant entrant ainsi suivant deux directions perpendiculaires produit un brassage énergique des gaz et un mélange intime des matières volatiles provenant de la distillation du combustible avec l'air destiné à les brûler.

Ce mélange, par suite du tirage de la cheminée, passe entre la voûte (E), maintenue à une température très élevée, et la masse incandescente placée sur la grande grille (C). La combustion de ces produits gazeux se trouve donc assurée.

Le mouvement de rotation donné à la grille (B) a pour effet, grâce à la forme spéciale des barreaux, de rejeter le combustible distillé et déjà enflammé à la surface de celui brûlant sur la grande grille (C).

En outre, lors de la remise de la grille mobile dans sa position normale, le combustible nouveau vient prendre la place de celui qui a été déplacé.

Cette grille (B) permet donc de régler la puissance de vaporisation du foyer comme lors d'un chargement à la pelle, mais elle présente l'avantage de ne charger sur la grande grille que du combustible ayant précédemment subi une distillation et déjà en ignition, au lieu d'y jeter du combustible absolument frais.

La combustion se fait ensuite sur la grille (C) comme sur une grille ordinaire, mais il n'y tombe que du coke, et les fines du combustible employé y arrivent déjà agglutinées.

Les cendres et les mâchefers ne se produisent qu'au bas de la grille (C) et sur la grille de pied (D), d'où il est facile de les enlever ainsi que nous le verrons plus loin.

Les portes du cendrier doivent rester fermées en temps normal; leur papillon seul est ouvert ainsi que le registre *(g)*, mais ces ouvertures peuvent être réglées suivant le tirage de la cheminée, la nature du combustible et la quantité de vapeur à produire.

III. — Particularités du système Cohen.

Les avantages du chargement par trémie au point de vue du maintien de la température du foyer et de la bonne conservation des tôles de coup de feu sont trop connus pour y revenir.

On sait les résultats que ce mode de chargement a donné sur le foyer système Ten Brinck et dans les différents systèmes de foyers indiqués dans le traité de physique industrielle de M. Ser.

L'emploi d'une grille inclinée n'est pas spécial au système Cohen; M. Ser en cite plusieurs exemples dans le traité indiqué ci-dessus, et il suffit de rappeler le parti que notre sympathique collègue, M. Godillot, a su tirer de cette disposition pour l'utilisation des combustibles pauvres.

La particularité de la grille inclinée Cohen est sa mobilité et l'adjonction d'une grille de pied en vue du décrassage.

Une des causes des résultats économiques obtenus avec le foyer Cohen est le brassage énergique des produits gazeux, tant par l'arrivée du comburant suivant deux directions perpendiculaires, que par le passage du mélange sous la voûte (E). L'étendue considérable de la chambre de combustion due à l'inclinaison des grilles est, au même point de vue, extrêmement favorable.

Mais le point caractéristique du foyer en question est le fractionnement de la combustion en deux phases :

1° Distillation du combustible et combustion des éléments gazeux ;

2° Combustion du combustible distillé.

On obtient le premier résultat par le rayonnement d'une voûte en briques réfractaires (E) s'appuyant sur les deux côtés du foyer; sa poussée est contre-balancée par une traverse en fonte à l'avant et un tirant en fer à l'arrière.

Remarquons que cette voûte n'est bombée ni à l'intrados ni à l'extrados, comme les voûtes en briques employées dans les foyers de locomotives et que, par suite, la chaleur est rayonnée également sur toute la largeur du foyer.

Il n'y a donc pas lieu de craindre l'inconvénient signalé par un des membres de notre Société dans une des séances du mois de mars dernier, comme se produisant dans les foyers de locomotives munis de voûtes en briques, c'est-à-dire la détérioration des barreaux médians de la grille par la concentration sur eux de la chaleur réfléchie par la voûte.

Enfin, nous pouvons encore signaler comme des dispositifs spéciaux au foyer Cohen :

1° La mobilité de la grille (B) ;

2° Le réglage au gré du chauffeur de la puissance de vaporisation de l'appareil, qui en est la conséquence ;

3° Les arrivées d'air distinctes pour chacune des deux phases de la combustion, et leur réglage se faisant séparément.

IV. — Allumage du foyer.

En vue de l'allumage du foyer, la grande grille (C) peut être rabattue sur l'avant et rendue sensiblement horizontale.

L'axe de rotation est le sommier en fer (*l*) placé à la partie inférieure. Les deux bras en fonte (MM') supportant le sommier mobile (*m*) sur lequel s'appuie la partie supérieure des barreaux sont clavetés sur un deuxième arbre (*m'*) parallèle à la pièce (*m*). Cet arbre porte de chaque côté du foyer des secteurs auxquels sont fixées des chaînes passant sur des poulies (P) et supportant des contrepoids.

En vue de simplifier l'appareil et de limiter l'espace occupé, ce qui est précieux dans les salles de chauffe parfois très resserrées, un nouveau modèle de foyer Cohen vient d'être mis en service. On a pu réduire la longueur de la grille (C), rapprocher le centre de rotation (*l*) du centre de gravité des barreaux et, comme conséquence, supprimer secteurs, chaînes et contrepoids.

Une roue héliçoïdale placée latéralement sur cet arbre est commandée par une vis sans fin. La manœuvre de la grille ainsi équilibrée est extrêmement facile. La mobilité de cette grille permet, en outre, de faire varier son inclinaison pendant le fonctionnement du foyer et d'obtenir une épaisseur différente de combustible, suivant sa nature.

La couche de combustible sur la grille (C) peut ainsi avoir une hauteur de 0,12 à 0,20 *m*, suivant les cas.

Avant de baisser la grille (C), on garnit la grille de pied d'une légère couche de cendres et d'escarbilles ; on place ensuite sur toute la surface de la grille (C) des matières inflammables que l'on recouvre de charbon non mélangé de fines. On relève cette grille et on allume.

On charge alors du charbon par la trémie (A), jusqu'à ce qu'il atteigne environ le niveau de la voûte (E).

On place en cet endroit une couche suffisamment épaisse de matières inflammables que l'on recouvre de combustible. On allume à travers les barreaux de la grille (B).

V. — Décrassage.

Lorsqu'on veut décrasser le foyer, on ouvre les portes, on vide entièrement le cendrier après y avoir fait tomber les cendres se trouvant sur la partie antérieure de la grille de pied. On casse ensuite à la lance les mâchefers qui se trouvent sur cette grille ; on jette dans le cendrier les plus gros morceaux et on amène sur le devant de la grille les morceaux plus petits.

On pique alors les mâchefers de la grille (C) et on les fait tomber sur la grille inférieure, d'où on ne les retire qu'au décrassage suivant.

L'opération, ainsi conduite, produit le résultat assez caractéristique que la pression de la chaudière est plutôt augmentée que diminuée pendant toute sa durée. C'est le fait inverse qui se produit généralement sur une grille ordinaire.

Notons également que ce travail est peu pénible pour le chauffeur, puisque, d'après la disposition des grilles, il n'est pas soumis au rayonnement direct de la couche incandescente de combustible. Avec un charbon ordinaire, cette opération n'est répétée que quatre à cinq fois en vingt-quatre heures.

Il est indispensable, lorsque l'opération du décrassage est faite, de jeter des pelletées de cendres mouillées sur le devant de la grille de pied, de façon à boucher l'espace entre cette grille de pied et le sommier de la grille (C), afin d'éviter la combustion des charbons à cet endroit, ce qui pourrait nuire à la conservation des barreaux et permettrait une entrée d'air en excès.

Toutefois, si l'on a affaire à des chauffeurs peu expérimentés, on peut munir la grille de pied d'une sorte de clapet en tôle, fixé

de manière à pouvoir être rabattu sur l'avant au moment du décrassage.

Ce clapet empêche toute arrivée d'air et maintient au-dessus du sommier (*l*) une température relativement basse.

A la station centrale d'électricité du Palais-Royal, où un foyer Cohen est en service depuis plusieurs mois, ce clapet a été supprimé à la demande des chauffeurs, qui préfèrent, après chaque décrassage, garnir de cendres la partie antérieure de la grille de pied.

VI. — Modifications de certaines parties du foyer Cohen suivant la nature du combustible brûlé.

Moyennant certaines modifications de détail, le foyer Cohen peut brûler tous les combustibles, même les plus pauvres.

Charbons. — Les meilleurs résultats ont été obtenus avec du tout-venant demi-gras. Le charbon très gras y brûle également bien ; mais dans ce cas, la combustion ne se fait plus avec une absence presque complète de fumée ; l'amélioration à cet égard est toutefois notable.

Lorsqu'on veut brûler des fines, l'écartement des barreaux de la grande grille (C) n'est que de 0,016 *m*.

Cet écartement peut être porté à 0,020 *m* pour des charbons plus gros.

Quelle que soit la nature du charbon employé, la forme des barreaux de la grille supérieure (B) était invariable et conforme au croquis n° 3. Son mouvement de rotation s'effectuant autour d'un axe placé au-dessus d'elle, ne se produit pas sans un certain refoulement du combustible dans la trémie. De là des frottements, qui dans le cas des charbons gras, peut gêner cette manœuvre. On y supplée alors en aidant la descente du combustible avec un sabre.

Pour remédier à cet inconvénient, la forme des barreaux de la grille supérieure (B) a été modifiée et son axe de rotation (*b*) reporté à la partie inférieure (*Fig. 2*).

La facilité de manœuvre de cette nouvelle grille semble devoir la faire adopter pour toute nature de charbon.

Bois. — Pour la combustion des déchets de bois de toute nature secs ou humides, l'intervalle des barreaux de la grande grille est de 0,016 *m* ; quant à la forme des barreaux de la grille (B), elle est différente, ainsi que l'indique le croquis n° 5.

Pour brûler de la sciure et de la tannée, il est nécessaire de ne donner aux barreaux de la grande grille qu'une inclinaison de 25 à 30° sur l'horizontale, afin d'éviter une descente trop rapide du combustible, et de munir ces barreaux de nervures sur la plus grande partie de leur longueur; on empêche ainsi le passage des parties fines à travers la grille et leur chute dans le cendrier.

Le chargement est fait par une trémie en tôle et cornières de 1 *m* de hauteur environ et en forme de pyramide tronquée (*Fig. n° 6*), la petite base à la partie supérieure, pour faciliter la descente du combustible.

Le chargement se fait par une plate-forme supérieure.

L'intervalle laissé libre entre la grille supérieure et le rideau réfractaire (K) est augmenté, afin de permettre la descente du combustible sur une couche plus épaisse.

Cet intervalle doit être d'autant plus réduit que le combustible employé est plus fin; ce serait le cas de la sciure et de la tannée.

Pour des combustibles extrêmement pulvérulents et non susceptibles de s'agglutiner, on emploie un distributeur rotatif à mouvement continu, qui évite une descente trop rapide des matières sur la grille (C).

Bagasse. — Des essais se font actuellement pour la combustion de la bagasse. On se sert à cet effet du même foyer que pour les déchets de bois, en y remplaçant la trémie de chargement par un distributeur mécanique spécial.

Ces appareils ont parfaitement fonctionné avec de la paille mouillée, et nous communiquerons à la Société des Ingénieurs civils les résultats obtenus avec la bagasse elle-même, dès qu'ils nous seront parvenus.

VII. — Application du foyer Cohen à divers systèmes de générateurs de vapeur.

Le foyer Cohen s'applique également bien à tous les systèmes de générateurs à vapeur, sauf quelques rares exceptions : notamment les chaudières à foyer amovible, pour lesquelles les modifications nécessaires de l'appareil n'ont pu encore être étudiées.

Pour les générateurs à bouilleurs et foyers extérieurs, aucune difficulté; on supprime la partie inférieure de la plaque antérieure du foyer et l'on fait reposer, s'il y a lieu, l'avant des bouilleurs sur une poutrelle encastrée dans les maçonneries latérales.

On doit, pour la combustion des charbons spécialement, préser-

ver cette poutrelle contre toute élévation exagérée de température au moyen d'une voûte en briques réfractaires.

L'application est également facile aux nombreux systèmes de générateurs multitubulaires Belleville, de Naeyer, Terme et Deharbe, etc. L'adaptation faite aux chaudières Belleville présentait de grandes difficultés en raison :

1° De la faible hauteur au-dessus du sol des rangées inférieures de tubes et du collecteur antérieur;

2° De la multiplicité des appareils accessoires placés sur la devanture.

Cette adaptation a cependant été faite avec un modèle de bâti étudié spécialement et appliqué dans les stations centrales d'électricité de la Compagnie Édison. La saillie du foyer Cohen sur la façade du générateur, qui est de 0,650 *m* dans le type normal, a été réduite à 0,500 *m* dans ce modèle spécial, afin de faciliter son installation dans des chambres de chauffe parfois fort restreintes.

Pour placer un foyer Cohen sur un générateur Belleville, on enlève les portes du foyer et la devanture, puis l'on fait reposer les faisceaux tubulaires sur une poutrelle encastrée dans les maçonneries latérales. Celle-ci supporte le collecteur d'avant sur toute sa longueur, figure n° 4·.

MM. Geneste et Herscher, qui sont concessionnaires du brevet dans le département de la Seine pour tout ce qui concerne les applications du chauffage à la vapeur, ont déjà fait plusieurs applications de ce foyer à leur type de générateur multitubulaire.

Il est également possible d'appliquer le foyer Cohen à des chaudières à foyer intérieur, en plaçant cet appareil sur le devant du générateur et en le reliant à l'ancienne chambre de combustion au moyen d'une buse.

VIII. — Montage.

Le montage de cet appareil est simple et rapide.

On enlève d'abord la partie inférieure de l'ancienne devanture de la chaudière après avoir posé une poutrelle destinée à recevoir la charge qui reposait sur la plaque du foyer.

Puis on creuse, s'il y a lieu, le cendrier à une profondeur de 0,40 *m* environ. On construit les petits massifs de maçonnerie supportant les deux côtés en fonte du foyer, que l'on vient placer et régler.

On met en place la voûte et son rideau ; on monte l'autel. On

fait les parois du foyer en briques réfractaires sur une épaisseur de 11 *cm* seulement, en ayant soin de ménager, suivant la direction des barreaux et à 10 ou 20 *mm* au-dessus, un retrait de 11 *cm* environ, afin d'éviter que les mâchefers n'adhèrent aux parois et ne les rongent.

Ce retrait n'est nécessaire que pour la combustion des charbons, On termine alors le cendrier et l'on place les barreaux et la trémie.

IX. — Résultats d'expériences.

Je ne crois pas que jusqu'ici le foyer système Cohen ait été l'objet d'essais scientifiques, et à part deux expériences sur la combustion des bois, cités plus loin, je ne connais ni expériences complètes sur sa puissance de vaporisation, ni analyses précises des produits de la combustion.

Mais ce qui peut attirer l'attention sur ce système est la justesse des principes présidant à sa construction et les résultats économiques obtenus dans les usines où il est en service depuis longtemps.

Jusqu'ici, dans les applications du foyer Cohen, la longueur de la grille est constante, la largeur seule est variable.

Cette longueur peut se décomposer ainsi :

Grille supérieure (B).	0,250 *m*
Grande grille (C).	1,000 *m*
Grille de pied (D).	0,250 *m*
TOTAL.	1,500 *m*

Pour une largeur de 1 *m*, la surface de grille est, en conséquence, de 1,000 $m \times 1{,}500\ m = 1{,}500\ m^2$.

Dans le modèle réduit signalé précédemment la longueur de la grille est la suivante :

Grille supérieure (B).	0,250 *m*
Grande grille (C).	0,700 *m*
Grille de pied (D).	0,250 *m*
TOTAL.	1,200 *m*

Pour une largeur de 1,000 *m* la surface de grille n'est plus que de $1{,}200\ m \times 1{,}000\ m = 1{,}200\ m^2$.

Un point très important a été établi d'après la marche du pre-

mier foyer, qui a été monté dans la station centrale d'électricité du Palais-Royal : c'est que la quantité de combustible brûlé par heure est extrêmement variable et que le chauffeur peut régler à son gré cette consommation.

Le générateur de cette station, muni du foyer Cohen, marche 24 heures et il est seul en feu de minuit à 5 heures du soir. On lui adjoint un autre générateur de 5 heures à minuit et un deuxième de 7 heures à minuit ; ces deux derniers étaient pourvus seulement de la grille ordinaire à l'époque de ces essais.

Ceux-ci ont été faits pendant six jours consécutifs avec du charbon demi-gras formé en grande partie de fines et les résultats en ont été communiqués à MM. Hermann et Cohen par notre collègue M. A. Vernes, Ingénieur en chef de la Compagnie Edison.

La largeur du foyer est de 1,400 *m* et sa surface de

$$1{,}500\ m \times 1{,}400\ m = 2{,}10\ m^2.$$

Les moyennes des consommations de combustible pendant cette période sont :

		CONSOMMATION TOTALE DE COMBUSTIBLE	CONSOMMATION PAR HEURE	CONSOMMATION PAR HEURE ET PAR MÈTRE CARRÉ DE GRILLE
		kg	*kg*	*kg*
De minuit à midi	12 heures.	1 280	107	51,0
De midi à 5 heures (soir) . .	5 —	700	140	66,7
De 5 heures (soir) à minuit .	7 —	1 160	166	79,0
TOTAL.	24 heures.	3 140	Moy. 131	Moy. 62,5

Pendant cette même période, la dépense moyenne de combustible par jour fut de 5 400 *kg* en y comprenant ce qui fut brûlé tant dans le foyer Cohen que sur les grilles ordinaires.

Avant la mise en service du foyer Cohen, avec le même charbon et les mêmes chauffeurs, la dépense moyenne de combustible avait été pendant les jours correspondants de la semaine précédente de 6 140 *kg*.

D'où une économie de 740 *kg* de charbon par 24 heures.

Ces chiffres n'ont rien d'absolu, puisqu'il est possible que le service ait été différent pendant les deux périodes considérées ; seuls les Ingénieurs de la Société Edison ont pu comparer les résultats de leur exploitation avant et après l'installation du foyer Cohen pendant des temps beaucoup plus longs.

Quelques analyses sommaires des gaz de la combustion ont été faites sur un foyer Cohen dans une autre usine.

Elles ont seulement prouvé que la combustion avait plutôt tendance à se faire avec un grand excès de comburant et qu'il y avait lieu pour éviter cet excès de comburant de régler soigneusement le papillon d'arrivée de l'air sous la grille (C) et sous la grille de pied (D).

Citons encore quelques essais faits chez MM. Sordes, Huillard et Cie pour la combustion des bois humides.

La chaudière à bouilleurs avait environ 50 m^2 de surface de chauffe et le foyer en service une largeur de 1,600 *m*. La vapeur était prise à une pression de 5 *kg*.

Dans le premier essai qui remonte au 3 septembre 1889, le combustible employé était formé de copeaux de bois de campêche à 55 0/0 d'eau sans aucune addition de charbon :

La durée de l'essai fut de.	9 heures
Le poids total de combustible brûlé . . .	5 586 *kg*
Le poids de combustible brûlé par heure.	620 *kg*
Poids de l'eau introduite dans la chaudière	8 596 *kg*
Eau vaporisée par kilogramme de combustible	1,53 *kg*

Dans un essai de même durée fait le 4 septembre 1889 sur le même générateur, on brûla des copeaux de châtaignier à 64 0/0 d'eau additionnés de 5,19 0/0 de charbon.

Poids total du combustible humide brûlé	6 326 *kg*
— du charbon brûlé.	328 *kg*
Poids total	6 648 *kg*
Poids par heure de combustible humide brûlé. .	702 *kg*
Poids par heure de charbon brûlé	36,5 *kg*
Poids par heure. . . .	738,5 *kg*
Poids d'eau introduit dans la chaudière	8 000 *kg*
Vapeur produite par kilogramme de combustible mixte	1,20 *kg*

Si on admet que l'on produisait 7 *kg* de vapeur par kilogramme de charbon brûlé, l'eau vaporisée par le combustible humide n'est plus que :

8 000 *kg* — 2 296 *kg* = 5 704 *kg*,

soit 0,903 *kg* de vapeur produite par kilogramme de bois brûlé.

Des essais onL egalement été faits le 25 juin 1890 chez MM. Meissonier à Saint-Denis.

Le combustible employé était du bois de campêche à 48 0 0 d'eau à l'état tellement pulvérulent, que le foyer dut être muni d'un distributeur rotatif faisant aux essais un tour par minute.

Le générateur était du type ordinaire à bouilleurs et la surface de chauffe de 45 m^2.

La durée de l'essai fut de	4 heures
Poids d'eau vaporisée	3 000 *kg*
Température de l'eau d'alimentation. . .	20°
Pression à la chaudière	4 *kg*
Poids du bois brûlé	1 700 *kg*
Eau vaporisée par kilogramme de combustible	1 765 *kg*

Il était aussi intéressant de se rendre compte de la durée des divers organes du foyer Cohen. Il semble actuellement établi que les seules pièces susceptibles de remplacement sont : la voûte réfractaire (E) et spécialement le rideau en briques réfractaires (K) qui est en contact avec le combustible.

Le changement de ces pièces a dû être prévu afin de le rendre facile et rapide. Il suffit, en effet, pour permettre ce travail d'enlever les barreaux de la grande grille.

La durée de ces pièces réfractaires est extrêmement variable suivant le service demandé au foyer et les dispositions de la chaudière.

L'expérience paraît cependant prouver qu'en général pour le charbon on atteindra facilement une durée de 5 à 6 mois, qui est celle des voûtes en briques dans les foyers de locomotives. Pour la combustion des bois, la durée de ces pièces réfractaires est beaucoup supérieure et chez MM. Sordes et Huillard à Suresnes, où un foyer se trouve en service depuis près de deux ans, la voûte n'a dû être remplacée qu'au bout de 15 mois.

Quant aux barreaux, leur durée est au moins aussi longue que dans les grilles ordinaires.

En résumé, le foyer Cohen semble être un appareil bien étudié, conforme aux principes généraux de la physique et de la mécanique, et nous souhaitons que des essais multipliés viennent donner des indications précises, confirmant nos prévisions en ce sens.

ALIMENTATION ET ASSAINISSEMENT DE PARIS

PRISE D'EAU DANS LE LAC DE GENÈVE

PAR

M. P. DUVILLARD

---

§ 1. — Exposé.

A la suite de notre étude première d'une prise d'eau dans le Léman, pour l'alimentation et l'assainissement de Paris, encouragé par des Ingénieurs éminents, nous nous sommes adressé à M. le Président du Conseil, ministre de la Guerre, à l'effet d'obtenir une amplitude au 40 millième des cartes de l'État-Major avec supplément de cotes de niveau afin de préciser et compléter notre ouvrage.

M. de Freycinet a bien voulu agréer notre demande et nous accorder gratuitement ces cartes en vue de faciliter un travail qui lui parut être d'un intérêt public.

Grâce à l'appui d'un homme aussi compétent et à l'aide des documents qu'il nous a fournis, nous avons remanié notre étude et lui avons donné l'ampleur et la précision nécessaires pour déterminer exactement la nature des ouvrages, leur forme, leur étendue, leur coût et pour en reconnaître la facile et pratique exécution.

Dans notre exposé, sur lequel nous aurons à nous étendre ici, nous avons dit :

La Ville de Paris est au premier rang des capitales du monde par la beauté de son aspect et le charme de son séjour. Elle ne le doit pas seulement à l'affabilité de ses habitants, aux arts, aux lettres et aux sciences dont elle est le centre, mais aussi aux proportions harmonieuses de ses rues et de ses constructions qui lui donnent un cachet de véritable grandeur et qui lui assurent une abondante, salutaire et agréable distribution d'air et de lumière.

Depuis quarante ans les pouvoirs publics et les habitants de

Paris ont employé des sommes considérables pour obtenir ce résultat qui se fait apprécier d'une manière saisissante.

Mais cette ville n'a pas une quantité suffisante d'eau potable, pénurie d'autant plus sensible qu'elle contraste avec une situation générale très brillante.

Paris possède par jour, en eaux de sources, 140 000 m^3 et 450 000 m^3 en eaux de rivières ou de canaux, soit 220 *l* par habitant.

Notre projet consiste à prendre dans le lac Léman et conduire à Paris un volume d'eau de 24 m^3 par seconde ou 2 074 000 m^3 par jour, ce qui, ajouté aux ressources actuelles en eaux de sources, portera la quantité journalière des eaux potables à un peu plus de 2 200 000 m^3, soit environ 1 000 *l* par habitant.

Cette quantité, qui peut paraître considérable au premier abord, n'est pas exagérée pour une ville de première grandeur: d'autres, de deuxième et même de troisième ordre, comme Genève, la possèdent.

Le volume de 220 *l* par jour et par habitant a pu être regardé par des auteurs comme suffisant pour une ville de moyenne importance, où on ne considère l'eau que comme devant satisfaire à l'alimentation ménagère et à l'établissement de quelques fontaines ornementales; cette quantité a été indiquée par M. Darcy dans son ouvrage sur les fontaines de Dijon; mais s'il avait à le rééditer, il lui faudrait signaler l'absolue insuffisance de ce volume, même pour une ville qui est de moyenne grandeur, comme le constate chaque jour le public fréquentant ses hôtels, ses cafés et ses refuges.

On ne s'est, jusqu'à présent, guère occupé dans les villes de cet ordre des évacuations et des conditions dans lesquelles elles se produisent, parce que ces questions ont une importance secondaire et presque nulle dans un cadre peu étendu, mais cette importance grandit suivant l'élargissement du cadre.

Dans les cités les besoins d'eau grandissent en proportion progressive et non différentielle du nombre de leurs habitants et de l'étendue de leurs rues et places.

Dans les petites villes les déplacements de personnes sont rares et la circulation dans les rues à peu près nulle; dans les villes de moyenne grandeur, le mouvement commence à se faire sentir: dans les grandes, comme Lyon, Marseille, il prend une réelle importance. Ces populations remuantes, affairées, occupent différents lieux le même jour; se déplaçant sans cesse, il faut leur procurer,

partout où les appellent leurs affaires ou leurs plaisirs, l'air, l'eau, la lumière, besoins qui dans une agglomération vont en grandissant par habitant suivant l'importance du groupe.

A Paris, ville de deux millions trois cent mille habitants et de plus de trois millions si on y ajoute la banlieue, les questions de l'alimentation et de l'évacuation s'imposent sur une grande échelle, il faut y pourvoir.

Il y a 810 000 ménages qui tous ont ou doivent avoir des fosses d'aisances ; les urinoirs et lieux publics, les établissements de toutes sortes, les grands magasins et les nombreux centres d'agglomération, si variés et si importants existant sur tous les points de la ville, nécessitent une consommation d'eau très abondante ; il en est de même pour les vastes rues, places, jardins, ainsi que pour les fontaines ornementales et monumentales.

L'alimentation actuelle de 220 *l* par habitant a été un grand bienfait; cependant, elle est loin d'être suffisante, même pour le strict nécessaire, et encore est-elle aux trois quarts composée d'eau de Seine et de canaux; puis il y a souvent perturbation très préjudiciable pendant les chaleurs, époque où les besoins d'eau sont les plus grands.

Les captations projetées de l'Avre donneront 110 000 m^3 ; cela améliorera bien un peu l'état actuel, mais cela ne sera pas moins absolument insuffisant, et encore ce maigre appoint est-il composé en grande partie d'eau de ruisseaux se perdant dans les calcaires ébouleux qu'il traverse trop rapidement dans la saison des pluies, soixante heures pour un parcours de 8 *km*, moitié de la vitesse de la Seine en basses eaux. Durant les grandes sécheresses il y aura également mécompte sur le débit qui descend à 60 000 m^3.

L'eau de l'Avre, si on exécute ce maigre projet, coûtera huit à dix centimes le mètre cube en temps ordinaire et le double en temps de sécheresse.

Paris est une ville de grand luxe, dans laquelle tout dépasse les proportions ordinaires et où les nécessités sont autres que dans les villes de province. Dans celles-ci les populations ouvrières, formant comme à Paris la masse, vont à la fontaine chercher l'eau nécessaire à leur alimentation; elles ne possèdent presque jamais à domicile l'eau abondante nécessaire à la propreté, au lavage et aux évacuations, ce qui est de toute nécessité et doit être obligatoire dans Paris où les besoins sont incomparablement plus grands, plus absolus.

Cet approvisionnement d'eau aurait une influence heureuse

sur les évacuations, le régime des égouts et l'éloignement plus rapide, plus complet des déjections.

A Paris l'agglomération des habitants est tellement considérable et la surface de la ville si étendue, que, malgré le magnifique réseau des rues, l'air ne suffit pas à enlever les miasmes qui se produisent sans cesse. Chacun se rappelle les odeurs de Paris qui sévissent à certaines périodes et qu'on attribue au séjour et à la décomposition sur le sol, ainsi que dans les maisons et les cabinets d'aisances, de produits putrides de toute nature; si ces odeurs, parfois d'une intensité considérable, coïncidaient avec l'importation d'une épidémie, elles pourraient devenir un symptôme fâcheux et abréger bien des existences. Il est certain qu'un lavage énergique, effectué par une grande masse d'eau, en enlevant ces produits à mesure de leur formation, supprimerait ou atténuerait tout au moins considérablement cet inconvénient.

Dans le régime des égouts nous voyons aujourd'hui les matières d'évacuation délayées dans une minime quantité d'eau ; elles se conservent à une température élevée, séjournent longtemps dans l'égout où elles sont concentrées, toutes conditions qui favorisent la fermentation, de sorte qu'elles arrivent à la Seine dans un état avancé de décomposition et lui apportent une souillure intense.

Dans la Seine la fermentation ne continue pas; au contraire, la purification se produit progressivement et à leur arrivée dans la mer les eaux du fleuve présentent peu de différence avec leur état en amont de Paris; un appoint considérable d'eau fraîche viendrait évidemment augmenter cette faculté.

L'introduction dans les égouts d'une grande quantité d'eau froide aurait pour résultat, tout en délayant les matières, d'éviter leurs dépôts au fond de ces canaux, d'abréger la durée de leur séjour par la rapidité du courant et de les maintenir à une température qui arrête la fermentation ou ne la permet qu'à un faible degré.

Les matières arriveraient donc presque à l'état naturel et avec des facultés infectieuses peu intenses dans la Seine où la fermentation ne se produit pas; elles se mêleraient à ses eaux qui seraient salies dans une certaine mesure, mais peu altérées dans leur composition; elles tendraient moins à se déposer dans le lit du fleuve et à l'enliser de matières putrides.

L'apport constant des eaux du Léman donnerait aux moindres crues une puissance capable de mettre en mouvement celles qui auraient résisté à l'entraînement et les roulerait à la mer

L'abondance des eaux rendrait éminemment pratique le système appelé « tout à l'égout », système d'une haute valeur, pourvu qu'il soit combiné avec un emploi d'eau très considérable.

Si on mettait en pratique pour tout Paris le système d'épuration des eaux d'égout par l'infiltration et la culture à Gennevilliers, en admettant même que la végétation absorbe la moitié des matières entraînées et dont le chiffre annuel dépasse 300 000 m^3, on arriverait en moins d'un siècle à recouvrir 30 km^2 d'une couche de matières infectieuses de 0,50 *m* d'épaisseur.

Les eaux du Léman permettront d'éviter la construction d'un aqueduc évacuateur de Paris à la mer, devant coûter cher de construction et de fonctionnement.

La Seine, véhicule naturel des eaux d'égout de Paris, qui sont un objet de répulsion et d'insalubrité, s'acquittera avec discrétion et économie de cette fonction, si on veut bien augmenter ses moyens, comme nous le proposons, au lieu de les diminuer, comme on l'a fait jusqu'à ce jour, par des barrages en aval et des prises d'eau en amont de Paris, et comme les tendances sont encore de le faire aujourd'hui en desséchant le bassin du fleuve.

L'objection à ce système, qui réside dans l'utilisation des matières fertilisantes, présente de telles difficultés, de tels dangers à être appliquée dans le voisinage de la grande ville, qu'elle doit être considérée comme des plus défectueuses ; de plus, cette fertilisation a l'inconvénient de donner des produits d'une saveur désagréable et répugnante constatée sur tous les points où cet engrais est employé.

La dérivation d'une partie des eaux du Rhône, prise dans l'ampoule du lac de Genève, résout d'une façon satisfaisante et sans chance d'erreur dans la distribution, puisqu'il n'y aura plus qu'une canalisation unique, les grandes questions : alimentation, abondance en eaux fraîches et pures, lessivage à domicile, lavage en grand des rues et places, cabinets d'aisances, égouts, économie dans le ménage du modeste ouvrier comme dans celui du riche citadin.

De plus, elle offre une ressource immense pour une canalisation indépendante du fleuve, ayant pour conséquence sa désinfection, par suite de l'accélération du cours de ses eaux.

Enfin, l'abondance des eaux apportées du Léman faciliterait dans de larges proportions l'alimentation du canal maritime soumis actuellement par le gouvernement à l'examen des chambres de commerce et des départements intéressés.

C'est en envisageant le problème de cette façon que les autres capitales de l'Europe en sont arrivées à se donner un volume d'eau considérable et tel que Paris présente, en ce moment, sur elles, une très grande infériorité.

La prise d'eau du Léman est éminemment préférable à celle des affluents de la Seine, parce que ceux-ci se trouvent dans des régions où le captage des eaux cause un grand préjudice à la salubrité, à l'agriculture et à l'industrie, en même temps qu'il diminue si préjudiciellement pour la santé des Parisiens la puissance de l'émissaire évacuateur et apporte de la part des populations déshéritées une très vive et très légitime résistance.

On ne trouve pas, d'ailleurs, un volume suffisant, même en captant toutes les sources du bassin, ce qui entraînerait à une grande surface de pays la diminution de richesse et de salubrité. Les hygiénistes, les économistes et les Ingénieurs doivent abandonner une voie qui amènera fatalement la ruine de Paris et celle de ses environs, et revenir à notre projet qui apportera la richesse et la vie sans nuire à personne.

Le volume des eaux de source décroît sensiblement pendant les chaleurs et les sécheresses, au moment où on en a le plus grand besoin ; ces eaux, provenant de pays à populations denses, sont plus ou moins souillées aux époques des crues et des recrues de la Seine par suite de leur passage en temps de pluie à travers un sol chargé d'engrais et d'impuretés.

Dans notre projet, au contraire, le débit de la conduite est toujours le même ; quelle que soit la saison, l'eau puisée à une certaine profondeur reste froide en été et elle est constamment pure et limpide, provenant de pays presque déserts, ou descendue à grande vitesse des glaciers et reposée pendant un temps très long dans le lac.

Les études et les travaux de M. Belgrand, qui fut notre maître, et ceux de ses successeurs, limités au seul bassin de la Seine, représentent un beau programme dont la conception était très élevée pour une première étape, vu leur coïncidence avec d'autres grands travaux et la cherté des capitaux. Leur exécution a rendu à la capitale d'immenses services, mais aujourd'hui on peut et on doit faire plus et s'élever absolument à la hauteur des besoins, chose facile, grâce au progrès général, au bon marché du crédit, aux perfectionnements réalisés dans les moyens d'exécution des grands travaux, aux progrès de la métallurgie et de la mécanique.

On peut envisager sans crainte notre projet qui aurait pu être

considéré comme une utopie il y a seulement quelques années, comme le serait encore celui de Neuchâtel avec la percée problématique du Jura, les hautes pressions dans les conduites forcées, les grands aqueducs et surtout la cession des eaux par l'Allemagne et la Suisse.

Ce n'est aussi que tout récemment que la métallurgie est à même de faire pratiquement les grands tuyaux d'acier et travaux qui lui incombent dans un tel ouvrage. Ce dernier point a longtemps retardé la mise à jour de notre projet. Aujourd'hui, la chose est devenue simple et des plus pratiques.

L'eau du lac de Genève, d'après les analyses de Sainte-Claire Deville, Risler, Walter, Losnier, Brandanbourg, résumées par Forel, contient :

Chlorure de sodium et de potassium. .	1,8 *mg*
Sulfate de soude.	15,0
Sulfate d'ammoniaque	traces
Sulfate de chaux	47,9
Azotate de chaux	1,0
Carbonate	73,9
Carbonate de magnésie.	17,0
Silice	3,7
Alumine oxyde de fer.	1,9
Matières organiques et pertes	11,9
TOTAL.	174,1 *mg*

C. Marignac, lors des études pour l'alimentation en eaux de Genève, a également analysé les eaux de surface, considérées comme plus chargées de matières organiques, et il leur a attribué la même composition.

Elle est donc assez pure et d'une minéralisation très convenable pour les usages domestiques ; elle ne contient aucune matière insoluble, étant d'une limpidité parfaite.

Considérée au point de vue des matières organiques, l'eau du Léman prise en plein lac, même à la surface, décolore par litre un milligramme quatre centièmes, en moyenne, de permanganate de potasse.

On peut faire la comparaison suivante :

L'eau de la Vanne à Paris neutralise 0,25 *mg* de permanganate de potasse, celle de la Dhuis 2,20 *mg*, l'eau du Léman 1,04 *mg* ;

elle est donc, en salubrité, très sensiblement meilleure que la moyenne des eaux de sources actuelles.

Dans les profondeurs du lac sa composition est la même ; elle contient seulement, d'après Brandanbourg, un peu plus d'air en dissolution. L'eau des couches, à une certaine profondeur, est purifiée par la séparation des matières en suspension et par l'oxydation qu'elle subit de la part de l'oxygène dissous dans l'eau, cet oxygène existant à toutes les profondeurs.

Le meilleur argument que l'on puisse donner sur la qualité des eaux du lac, c'est que la ville de Genève, depuis qu'elle possède une distribution abondante de 1 000 *l* par habitant de ses eaux, a vu les cas de fièvre typhoïde à peu près disparaitre et son état sanitaire notablement s'améliorer.

La plus haute température des eaux du Léman, qui est en été de 23° à la surface, n'est plus que de 5° dans les grandes profondeurs et de 8° à 35 *m*, où nous croyons utile de la prendre ; la température la plus basse en hiver, à cette même profondeur, est de 5°, l'eau que l'on puisera sera donc entièrement hygiénique et propice aux usages domestiques, assez chaude en hiver et d'une agréable fraicheur en été, sans cependant être glaciale à devenir dangereuse.

A Genève on est satisfait de l'eau du lac, seulement la température en est trop variable et par suite peu hygiénique, l'eau étant prise à la surface, à l'extrémité aval du petit lac, où sa température descend au-dessous de 1° et se relève à plus de 23°. A Lyon, qui s'alimente de l'eau du Rhône, on a moins à se plaindre de la variation de température, celle de l'été étant abaissée par les eaux de l'Arve provenant des glaciers du mont Blanc ; par contre, elle les rend laiteuses, de plus elles sont souvent salies et contaminées par les nombreux et importants affluents que le Rhône reçoit entre Genève et Lyon.

Lors de la discussion au Corps législatif sur la dérivation de l'Avre, le rapporteur a grossi de plus de cent millions notre projet et présenté le parasite de l'ombre chevalier comme le géant des microbes. Heureusement que pour les Genevois et les Lyonnais, ce géant se trouve n'être qu'un mythe, quoiqu'ils s'abreuvent les uns et les autres depuis de longues années des eaux en provenance du lac ; il en sera de même pour les Parisiens lorsqu'ils auront la satisfaction de voir notre projet réalisé. Ces deux critiques sont sans grande valeur, faites seulement pour appuyer l'adduction à Paris d'un maigre filet d'eau (60 000 m^3 en basses eaux) destiné

à calmer la population parisienne, réclamant énergiquement avec raison que sa municipalité et ses députés lui donnent l'eau nécessaire à son alimentation et à sa santé.

Le plus faible débit du Rhône à l'émissaire en février est de 100 m^3 par seconde ; même à ce point les machines hydrauliques de la ville de Genève ne seront pas gênées par la dérivation projetée, parce qu'elles ne consomment que 900 *l* par seconde et la chute nécessaire à leur fonctionnement peut être maintenue ou élevée à volonté ; la population de cette ville se décuplerait-elle qu'on pourrait encore donner à chaque habitant le volume qu'il reçoit actuellement et par les mêmes procédés.

Le lac, n'étant en réalité que le Rhône élargi et approfondi, si le niveau des eaux s'élève dans cet épanouissement par l'effet des apports, cela est dû à la réduction de la largeur et au relèvement du fond vers Genève déterminant une élévation du niveau suffisante pour établir un écoulement en rapport avec la venue. Le barrage du pont de la machine peut donc toujours être un régulateur et agir comme le font partout les barrages établis pour relever le niveau des cours d'eau ; l'alimentation de Genève, telle qu'elle se pratique et quelle que soit l'importance qu'on voudra lui donner, est indéfiniment assurée.

Une prise d'eau de 24 m^3 n'abaisserait normalement le niveau des eaux sur le seuil du banc de travers, si l'émissaire était libre, que de 7 à 8 *cm*, et cela seulement en février où il n'y a que les bateaux de faible tirant d'eau en service. Depuis l'établissement du nouveau barrage maintenant le niveau du lac entre 1,10 et 1,70 de l'ancien étiage avec une variation seulement de 60 *cm*, ce léger inconvénient même disparait ; de plus, avec la faculté que l'on a de régler l'émissaire, on est toujours maitre de la hauteur des eaux ; la navigation sur le Léman, non plus, n'aurait donc pas à souffrir.

Le lac ayant sensiblement une surface de 600 km^2, si on veut maintenir à Genève le débit de l'émissaire à 100 m^3 par seconde au lieu de 76 où le réduirait en février notre prise d'eau, il suffirait de relever l'étiage du barrage, de façon à diminuer de 10 *cm* l'écart entre les hautes et basses eaux, en le ramenant de 60 qu'il est à 50 *cm*. Cette simple et facile modification au barrage permettra de rendre à l'émissaire le volume journalier qu'il émet aujourd'hui durant les basses eaux hivernales.

Le Rhône, en aval, si on considère l'énorme volume des eaux qu'il écoule, n'éprouvera que peu de variations, ses affluents

donnant, à ce moment de l'année, un débit bien au-dessus de leur moyenne et maintenant celui sous Lyon au-dessus de **210** m^3 par seconde, et encore ne descend-il à ce chiffre que quatre jours en dix ans, aux époques des fortes gelées prolongées pendant lesquelles la navigation est suspendue ; le moindre dégel agissant sur les affluents du haut Rhône et sur la Saône triple le débit du fleuve avant que la débâcle des glaces ne permette à la navigation de reprendre sa marche.

De juin à septembre le débit du Rhône à Genève dépasse **300** m^3 par seconde. L'Arve, grande rivière alpine alimentée par les glaciers du mont Blanc, la Valserine, les Usses, le Fier, l'Ain et la Saône, augmentent considérablement le volume des eaux du fleuve; la dérivation aura donc bien peu d'effet pendant les sécheresses estivales au point de vue de la navigation ou des projets de canaux.

En compensation, la navigation de la Seine serait améliorée et surtout améliorable par cette dérivation. Avant l'établissement des barrages, elle mesurait à Paris environ **100** *m* de largeur lorsqu'elle était au 0 du pont Royal, avec un débit de 30 m^3 à la seconde, et avait une vitesse de 15 *cm* ; si on y avait ajouté les **24** m^3 que doit donner la dérivation, le 0 de l'échelle se serait relevé de **22** *cm* et la vitesse aurait été portée à **21** *cm*. Cet état se rétablirait si on faisait un canal latéral à la Seine supprimant les barrages ; celui de Suresnes a relevé le 0 de l'échelle du pont Royal de **2,50** *m*, le débit de 30 m^3 par suite ne donne plus qu'une vitesse de 7 *cm*, impuissante à entraîner les détritus et matières fécales, même délayées. Les 24 m^3 à apporter augmenteront cette vitesse de 5 *cm*, ce qui la rendra plus entraînante.

Dans la situation actuelle à l'étiage, les eaux de la Seine mettent 40 heures pour franchir l'enceinte des fortifications et 275 heures pour atteindre Poissy, soit 13 jours pour s'éloigner de **30** *km* du centre de Paris.

Avec notre projet elles ne mettraient plus que 190 heures, et comme ce projet facilite la coupure d'une ou plusieurs boucles de la Seine, la durée de l'évacuation sera réduite à 4 jours et demi avec coupures et 6 jours sans coupures, durée bien encore assez longue. Sans avoir recours aux coupures, lorsqu'on établira le canal latéral à la Seine, la vitesse minima atteindra 21 *cm* et sera ainsi trois fois plus grande que la vitesse actuelle.

Cette considération, comme tant d'autres que nous avons énumérées, est bien faite pour attirer l'attention des hygiénistes et de

tous ceux que préoccupe la santé des Parisiens. Le fleuve s'écoule vers l'ouest d'où viennent les vents régnants, à la fois chauds et humides, apportant sur Paris les gaz délétères que produit le fleuve sali; les immenses lacets qu'il décrit semblent exister pour n'épargner aucun quartier de la ville et de la banlieue.

Comme on le voit, il est de première nécessité d'accélérer le cours de la Seine retardé si préjudiciellement par les barrages, si l'on veut prolonger de quelques siècles la durée de l'opulente cité.

Paris étant le port le plus important de France par son tonnage, l'amélioration du chenal qui y conduit présente un intérêt considérable qui ne se peut trouver que dans la dérivation du Léman. Au point de vue économique, comme au point de vue hygiénique, il y a intérêt et utilité absolue à l'exécuter.

§ 2. — Tracé.

Si, comme nous l'avons dit lors de notre première étude, faite sur la carte de l'État-Major au $\frac{1}{80\,000}$, la précision laissait à désirer, il n'en est pas de même de la présente établie avec soin à l'aide des cartes au $\frac{1}{40\,000}$ enrichies de nombreuses cotes de niveau.

Le tracé, moins de menus détails locaux, peut être considéré comme occupant sa place définitive; les différents types d'ouvrages ne peuvent que faiblement varier dans leur longueur ou leurs sections.

Notre tracé est suffisamment précis, suffisamment étudié pour permettre de déterminer les types des différentes sections du canal, en fixer les longueurs, les coupes et les dépenses.

Nous soumettons avec confiance notre travail à la critique des éminents Ingénieurs dont les ouvrages d'art remplissent les régions que nous traversons, et cela comme conception, exécution et dépenses, ainsi que comme tracé.

La prise d'eau est située dans le petit lac en amont d'Hermance (village suisse), sur le territoire et dans les eaux de notre département de la Haute-Savoie, arrondissement de Thonon; de cette prise d'eau, dont l'orifice d'entrée sera à environ 400 *m* du rivage, la conduite part en souterrain à travers le plateau de Veigy, au pied des monts Voirons, en contournant la frontière suisse pour passer sous Annemasse et l'Arve; puis, toujours en souterrain, elle

longe le pied du Salève et va déboucher à ciel ouvert sur la rive gauche du Rhône.

Après avoir suivi le fleuve sur 8 *km*, elle perce à son pied ouest le mont Vuache et débouche dans la vallée des Usses, rivière dont elle suit la rive droite jusqu'au Rhône, qu'elle franchit sur un pont-aqueduc à Bassy.

A Seyssel, le canal se trouve sur la rive droite du fleuve, la suit jusqu'à Culoz pour s'infléchir brusquement vers l'Ouest, passer à Virieu et pénétrer sous l'extrême pointe sud des monts de Chasse pour retomber sur la rive droite du Rhône qu'il côtoie jusqu'à Lagnieu. En quittant le fleuve il franchit la rivière l'Ain pour pénétrer dans le plateau des Dombes et traverser la vallée de la Saône au-dessous de Mâcon.

Son entrée dans le massif des Cévennes a lieu en un point où leurs faîtes sont peu élevés et où les cours d'eau du versant de la Saône coulent du Sud au Nord et ceux du versant de la Loire du Nord au Sud ; le débouché se fait près du canal du Centre, dans la vallée de la Bourbince, affluent de la Loire.

Afin d'éviter les parties élevées du massif du Morvan, le tracé s'appuie sur le versant de la Loire et va franchir l'Aron à Saint-Gratien ; il remonte le cours de cette rivière sur 30 *km*, puis se tient sur les sommets des versants de l'Yonne et du Loing, passe à l'Ouest et en dehors de la forêt de Fontainebleau en se dirigeant sur Clamart et Paris où il arrive après un parcours de 539 *km*.

L'altitude des basses eaux du lac est 371, celle de l'arrivée à Paris 100 au radier et 103 à l'intrados, ce qui constitue une différence de 268 *m*, soit une pente kilométrique de 0,50 *m* ; cette pente moyenne subit des variations suivant l'intérêt économique des régions traversées.

L'étude géologique détaillée des terrains traversés pourra être utilement faite à l'époque de l'exécution ; nous indiquerons seulement ici les grandes masses sédimentaires rencontrées, ce qui est suffisant pour apprécier l'importance générale des obstacles ainsi que les ressources en matériaux que donneront les différentes formations.

De la prise d'eau au passage sous l'Arve, on est dans les terrains tertiaires à peu près imperméables, sans sources appréciables, conditions très favorables pour des souterrains à puits. Le parcours au long du Salève jusqu'à Saint-Julien s'effectue dans les terrains crétacés non moins favorables que le précédent.

De Saint-Julien à Culoz on retrouve le terrain tertiaire ; puis de

Culoz à l'Ain, la pointe de la formation jurassique qui se termine au Rhône ; dans cette pointe ne se rencontreront pas les masses d'eau généralement contenues dans le massif compris entre Montbéliard et l'Albarine. La pointe à percer étant détachée du massif général par cette rivière et le Furans est sans source, à l'encontre de ce qui se trouve sur tout le versant français de la chaine : le Lyson, la Seille, la Gizia et tant d'autres.

Cette percée, fort courte du reste, ne présente aucun des aléas d'une longue et profonde trouée sous le grand massif, comme cela aurait lieu entre Neuchâtel et Vesoul où l'on est certain de rencontrer des lacs et des cours d'eau que de nombreuses failles laisseraient, sous des pressions considérables, se précipiter dans les galeries, où ils causeraient des accidents redoutables et une grande perturbation dans les travaux.

La traversée des Dombes est faite dans les limons ferrugineux de l'étage tertiaire absolument imperméable, et celle de la vallée de la Saône dans les alluvions anciennes du même terrain qui est sous-jacent.

De Mâcon à la vallée de la Bourbince, on est dans les granits porphyres et roches azoïques, terrains durs à la perforation, mais imperméables, sans sources et riches en matériaux de construction.

La vallée de la Bourbince, sur 6 à 7 *km* de largeur, est composée du terrain triasique ; elle est traversée par la conduite, en grande partie au niveau du sol, c'est-à-dire sans grands ouvrages ; cette formation a peu d'importance.

Au sortir du trias on entre dans le massif granitique du Morvan pour se tenir en souterrain sous de faibles hauteurs de ciel ; là encore le canal sera d'une exécution facile et économique.

En quittant le massif du Morvan à la traversée de l'Aron, on coupe une pointe du terrain tertiaire pour rentrer dans les couches jurassiques de Clamecy ; le canal, sur une longueur de 70 *km*, en grande partie souterraine sous de faibles hauteurs de ciel, traverse cette zone riche en matériaux de construction.

A la hauteur d'Auxerre, jusqu'à la lisière de la forêt de Fontainebleau, on rencontre le terrain crétacé facile à percer et riche en matériaux ; de ce dernier point à Châtillon on est dans la formation tertiaire, terrains parisiens bien connus.

Sur aucun point de son parcours le canal ne rencontre de grands obstacles, ni même d'ouvrages très importants ; ceux à signaler sont : le passage sous l'Arve, le pont sur le Rhône, ceux

sur l'Ain, la Saône, le Loing, l'Essonne, l'Orge, l'Yvette et la Bièvre ; sa construction est donc des plus faciles et reste dans le courant des travaux ordinaires de notre époque.

§ 3. — Condition internationale et militaire.

Nous avons dit que la prise d'eau était faite dans les eaux françaises du lac recevant celles en provenance de notre territoire des arrondissements de Thonon et de Bonneville, dont la surface versante est de 1 400 *km*², environ le quart du bassin du Rhône en amont de l'émissaire.

La France fournit au Léman une quantité d'eau plus qu'équivalente à celle dont nous voulons disposer, notamment pendant les sécheresses hivernales, où toutes les hautes régions alpines sont glacées.

La Suisse ne saurait avoir à se plaindre avec quelque raison d'une captation si nécessaire à notre alimentation. Elle-même, pour desservir Genève, rendre l'aspect des quais de cette ville plus agréable, son port plus commode et assurer une large distribution d'eau aux habitants, est venue tout récemment modifier l'écoulement naturel du lac par la construction du barrage de la machine, ouvrage qui a troublé dans une certaine mesure notre navigation sur le Rhône et noyé une partie du territoire français, sans pour cela attirer la moindre récrimination de notre part.

Si les ouvrages établis par la ville de Genève ont à souffrir, ce sera dans une bien faible mesure et on les modifiera, même à nos frais ; c'est affaire de peu d'importance.

Le lac et le Rhône, à eux deux, ne sont en pleine Suisse, à l'aval du captage, que sur une longueur de **24** *km* ; le lit du fleuve, dans cette partie, est impropre à toute navigation ; **12** *km* au-dessous de Genève il entre sur le territoire français pour n'en plus sortir avant de se jeter dans la mer.

Les conditions où s'effectuerait une prise d'eau dans les lacs du Jura suisse seraient toutes différentes ; ces lacs étant en entier sur territoire helvétique, les eaux qui s'en écoulent n'appartiennent à la Suisse qu'en amont de Bâle, de là elles entrent sur l'Allemagne, qu'elles traversent sur une longueur de **600** *km* : une entente avec ces deux puissances serait nécessaire, elle serait peut-être possible avec la Suisse, mais moins avec l'Allemagne qui trouverait que l'on cause un préjudice à la navigation sur le Rhin

et une réduction de la puissance défensive que lui donne le fleuve

En France, quoique plus chevaleresque, il est probable qu'on ne verrait pas sans inconvénients vendre une partie des eaux du Léman à la Prusse pour alimenter Berlin. Même en cas d'accord avec ces États, la France, n'étant pas chez elle, n'aurait aucun moyen de protéger et faire respecter ses ouvrages. Heureusement qu'à défaut de ces lacs, nous avons notre part du Léman.

On peut objecter qu'en cas de guerre le canal pourrait être détruit entre Hermance et Paris ; mais il est facile de reconnaître qu'il n'est pas plus exposé, à ce point de vue, que les dérivations établies ou projetées dans le bassin de la Seine, plus rapprochées que lui des frontières allemandes ; sa prise d'eau se trouvant sur la rive gauche du lac est, en effet, fort éloignée de l'Allemagne, même en admettant la violation de la neutralité suisse.

Contre l'Italie et l'Autriche, l'approche en est défendue par la chaîne des glaciers qui s'étendent du Saint-Gothard au mont Blanc.

La conduite est souterraine jusqu'à son arrivée sous le fort de l'Écluse, sa destruction ne pourrait être opérée qu'après l'occupation du plateau des Dombes ou par l'envahissement de la vallée de la Saône. La ligne qu'elle suit de Mâcon à Paris est en plein centre de France.

Même coupée, Paris ne serait pas entièrement dépourvu d'eau, quelques rivières et réservoirs pourraient, pendant longtemps encore, jeter des centaines de mille mètres cubes d'eau par jour dans le canal ; eaux impures, mais en temps de guerre, et surtout d'envahissement, on est peu difficile. C'est dans ces occasions que les procédés de filtrage étudiés en ce moment pourront être appliqués, si on ne se trouve pas absorbé par des préoccupations de plus grande valeur encore.

Heureusement, ces événements sont rares dans la vie des nations, et il n'y a pas lieu d'en tenir compte lorsqu'il s'agit des besoins journaliers, sous peine de privations continuelles.

§ 4. — Description technique de la conduite.

L'aqueduc pour la conduite des eaux est établi sur quatre types principaux : canaux, ponts-aqueducs, souterrains et conduites forcées en tuyaux d'acier.

Les sections normales du canal ont été déterminées par la for-

mule de M. Bazin $V = \frac{\sqrt{RI}}{A}$ parois unies, formule où V est moindre de 5 0/0 que le résultat obtenu par nos expériences faites sur la conduite en ciment de la dérivation du Rançon, que nous avons exécutée pour l'alimentation de la ville et des usines du Creusot (décrets des 18 mars 1874 et 27 mars 1875).

La prise d'eau se composera d'une galerie maçonnée traversant la grève et la beine du lac jusqu'à ce que l'extrados de la voûte soit à 2 *m* au-dessous du niveau du seuil du banc de travers à Genève ; pour ne gêner en aucun temps la navigation sur le lac, le radier se trouvera placé à environ 12 *m* au-dessous du niveau des hautes eaux.

De l'extrémité amont de cette galerie partiront deux tuyaux en béton de ciment de 3 *m* de diamètre s'épanouissant sous un angle de 30 degrés, pour éviter de former à la prise un grand courant sur un seul point, ils s'enfonceront dans le lac jusqu'à la rencontre du grand talus, à environ 400 *m* de la rive, point où la profondeur dépasse 35 *m* et où on ne rencontre plus de végétaux. A cette profondeur la température de l'eau varie de 8 degrés, en été, à 5 degrés, en hiver ; on pourrait s'enfoncer plus profondément dans le lac et avoir des eaux régulières à 5 degrés, mais cette température serait peu hygiénique durant les grandes chaleurs, car, malgré son long séjour dans le canal, sa température ne se modifierait pas de plus d'un degré, les grandes masses d'eau se renouvelant sans cesse perdent ou donnent infiniment peu de leurs calories par suite des propriétés peu conductrices des maçonneries et de la terre.

Des expériences faites depuis quinze années sur une conduite de 0,60 *m* de diamètre et de 24 *km* de longueur, dans laquelle la vitesse de l'eau est extrêmement lente, nous permettent d'affirmer ce fait. Il faut donc prendre l'eau dans le lac à la température où on veut l'avoir à Paris, c'est-à-dire à 8 degrés.

L'équilibre du lac se faisant par pression hydrostatique, on n'a pas à craindre l'introduction des couches supérieures, chaudes ou froides, dans les tuyaux de prise ; on peut, à cette profondeur, compter sur la température des eaux telle qu'elle est aujourd'hui suivant la saison.

Sur le rivage il sera établi une chambre où seront installées les vannes régulatrices et d'arrêt nécessitées par les variations de pression que produisent les seiches et les crues du lac.

Les canaux construits à ciel ouvert occuperont sur la conduite

une longueur de 162 *km*, ils seront construits en maçonneries hydrauliques revêtues d'un enduit de ciment artificiel, ou encore, suivant les circonstances et positions, en béton de ciment; le profil transversal sera sans arête vive.

Pour plus d'approximation dans la dépense, nous les avons divisés en trois catégories : ceux dans les tranchées, ceux en mi-tranchées et mi-remblais, et enfin ceux sur remblais pilonnés et appropriés pour les recevoir sans chance de rupture.

Pour garantir les eaux contre les variations de température et toute souillure dans ces ouvrages, on les voûtera à la partie supérieure par une calotte en béton de ciment de 0,20 *m* d'épaisseur, abritée elle-même contre les infiltrations des eaux pluviales par un enduit en ciment sur l'extrados; puis, pour protéger cette voûte contre les variations atmosphériques, elle sera recouverte d'une couche de terre gazonnée. Dans cette catégorie d'ouvrages, comme dans celles que nous allons décrire, les courbures devront être faites sous de très grands rayons pour ménager à l'eau un écoulement régulier.

Les aqueducs à établir sur piles voûtées seront construits dans les mêmes conditions que les aqueducs ordinaires comme maçonnerie, seulement leurs voûtes supérieures, destinées à les garantir des variations de température, auront une épaisseur de 0,50 *m* et un chemin avec garde-corps sera établi sur cette voûte de façon à permettre aux surveillants un parcours facile et sans danger.

Les souterrains ont été appliqués le plus possible; ils présentent, comme les viaducs, l'avantage de ne pas occasionner de gène à la surface du sol, d'être moins sujets à entretien que les tuyaux d'acier, surtout lorsqu'on peut les établir sans de trop grandes hauteurs de ciel, alors que les machines d'extraction et le fonçage des puits entraînent à peu de dépenses, ce qui est le cas général, et on peut dire exclusif, de notre projet.

Ils sont aussi favorables à la conservation et même à l'amélioration de la qualité des eaux potables en les faisant agir comme des conduites entièrement fermées, puisque dans ces conditions les eaux s'améliorent en salubrité, contrairement à certaines craintes émises par des hygiénistes; c'est du moins ce que constate C. Marignac après ses trente-neuf essais faits sur les eaux à leur entrée et à leur sortie des conduites de distribution de la ville de Genève, et qui sont précisément les eaux qui nous intéressent.

Dans ces longues voûtes les eaux sont à l'abri de toute contamination, la surveillance et l'entretien y sont nuls; ce sont

certainement ces ouvrages qui sont le mieux appropriés à une dérivation d'eau d'alimentation. A l'extrémité aval de chacune de ces longues conduites on établira un vannage en permettant la fermeture, de façon à les conserver pleines en cas de réparations aux conduites d'acier ou aux canaux.

Nous les avons groupées en trois catégories comprenant : la première, les souterrains de faible longueur sans puits; la deuxième, les souterrains de grande longueur avec puits, et, enfin, la troisième, les souterrains d'une certaine longueur sans puits.

Dans toutes ces catégories les maçonneries seront hydrauliques, enduites de ciment, que ce soient des revêtements ou des voûtes, le profil transversal sous même pression restera constant.

Les conduites forcées en tuyaux d'acier ayant 3,10 *m* de diamètre, nous avons substitué à la fonte, ordinairement employée pour les conduites d'eau, l'acier doux laminé, rivé ou soudé, les deux procédés étant parfaits et de valeur très sensiblement égale.

La fonte, même bien moulée, travaille dans des conditions défavorables, elle ne résiste pratiquement à l'extension qu'à un effort de 1 *kg* par millimètre carré de section ; soumise à une charge permanente, elle est sujette à se fissurer et progressivement à se déchirer ou à se rompre. Elle ne convient que pour des conduites d'un diamètre très modéré et, encore, il arrive de temps en temps des ruptures occasionnant des désordres et des interruptions de service.

L'acier peut travailler à l'extension en toute sécurité à un effort de 12 *kg* par millimètre carré de section, mais, comme il est indispensable pour un ouvrage si important qu'il n'y ait jamais rupture ni dérangement d'aucune sorte, nous avons abaissé ce travail à 6 *kg* ; cette surépaisseur, augmentée d'un frettage au milieu de chaque tuyau de 8 *m*, laisserait, en cas d'usure du métal, une grande latitude avant qu'il y ait commencement de danger.

Nous avons admis deux cours de tuyaux établis assez éloignés l'un de l'autre pour éviter toute chance de destruction d'une conduite par l'autre, disposition nécessaire pour que l'on n'ait, en aucun temps ni pour aucune cause, à éprouver d'arrêt complet dans l'écoulement des eaux.

Les tuyaux auront une longueur de 8 *m* ; ils seront formés de 4 tôles d'acier doux laminé, cintrées à la courbure des tuyaux au moyen d'une presse à emboutir munie de deux pistons portant une matrice mobile de 8,100 *m* de longueur.

Les 4 tôles nécessaires pour former la circonférence seront assemblées par de faux cercles pour permettre de souder les extrémités des joints sur une longueur de 20 *cm ;* des couvre-joints de 20 *cm* de largeur, percés de deux ou quatre lignes de trous placés en quinconce, seront posés extérieurement, rivés avec soin et parfaitement matés sur leur contour. Ces couvre-joints auront une moindre longueur de 30 *cm* que les tôles pour permettre de recevoir aux extrémités les bagues formant joints.

Ces bagues seront en acier laminé comme cela se pratique pour les bandages de roues; elles auront 14 *cm* de largeur, 4 *cm* d'épaisseur moyenne, les bords étant relevés en forme de boudin; le vide moyen pour recevoir le plomb sera de 11 à 12 *mm* d'épaisseur sur tout le pourtour.

La construction de tuyaux ainsi chaudronnés est courante dans les usines françaises. Elle est rendue applicable dans nos tuyaux de canalisation parce que nous procédons à la protection du métal contre l'oxydation au moyen d'un revêtement intérieur en ciment d'une épaisseur de couche de 25 *mm*, les têtes des rivets seront ainsi recouvertes et n'offriront plus d'obstacle à l'écoulement de l'eau; ces têtes, au contraire, serviraient à rendre le ciment solidaire de l'acier.

Pour assurer une solidité complète et une durée indéfinie à l'enduit, lors du laminage, à la dernière passe réglant l'épaisseur, on produira des nervures sur une face et espacées les unes des autres de 4 à 5 *cm;* ces nervures auront 5 *mm* d'épaisseur et 4 de hauteur; une dernière passe les écrasera en partie en les recourbant pour leur faire former agrafe; cette opération est facile à faire, elle entrainera seulement un réchauffage.

Comme nous l'avons dit, les bandes de tôle d'acier peuvent également être assemblées par soudure au gaz d'eau, mais ce procédé est encore peu usité en France par nos industriels et peut leur inspirer des craintes pour leur responsabilité; c'est cette raison qui nous fait revenir sur ce procédé et préconiser le chaudronnage connu de tous; puis, nous n'avons plus la crainte de la réduction du diamètre des tuyaux ni des rugosités apportées aux parois par les dépôts de silice et de peroxyde, l'enduit en ciment les rendant indéfiniment impossibles.

Le joint est fait au moyen d'une bague d'acier recouvrant sur les deux tuyaux, il laisse un intervalle de 11 à 12 *mm* pour le plomb coulé et maté comme d'habitude.

La dilatation du métal pour une variation de quelques degrés

est assurée au moyen d'un jeu à la pose de 3 à 4 *mm* d'épaisseur que l'on observera également dans le revêtement en ciment.

Le poids des tuyaux ne devant pas dépasser 19 *t*, les conduites forcées devant être employées uniquement dans les parties basses, aux passages des rivières et des canaux, les tuyaux terminés dans les usines seront facilement transportables sur bateaux près de leurs destinations, puis conduits à pied-d'œuvre sur une voie de fer provisoire ; ils seront déchargés, conduits et déposés en place par des grues à vapeur se mouvant sur la voie et jouant le rôle de locomotive, comme cela se pratique dans les grandes usines pour la manutention des lourdes pièces ; les fabriques d'acier possèdent toutes de ces engins.

Les courbures convexes et horizontales de la conduite donnant prise à la pression tendant à déboîter les joints seront évitées autant que possible, et lorsqu'on sera obligé de les employer, ce ne sera qu'avec une consolidation très résistante.

Chaque siphon aura des tubulures de vidange pouvant émettre facilement, dans les rivières voisines, les 12 m^3 d'eau formant la venue de chaque tuyau.

A la traversée des rivières on aura des chaussées et des ponts à construire, travaux qui devront être soignés pour éviter tout tassement sous le poids des conduites.

En résumé, l'exécution des diverses phases de cette dérivation est entièrement pratique et rentre dans le domaine actuel des grands travaux de construction, de métallurgie et de mécanique. L'emploi des tuyaux d'acier est éminemment favorable au bon fonctionnement de la conduite, par suite de la suppression de la rupture des tuyaux et des accidents redoutables qui en résulteraient par l'émission subite d'une grande masse d'eau.

Nous avons admis, dans Paris, une pression minima de 35 *m* au-dessus des trottoirs bordant les maisons à desservir. L'arrivée, se faisant à la cote moyenne de 102 *m*, pourra alimenter directement les quartiers dont les rues sont au-dessous de la cote 70 *m*, qui est celle du Trocadéro. Il sera attribué à cette zone 5 m^3 par seconde, ce qui, pour la réserve de la venue pendant douze heures, nécessitera un réservoir de 200 000 m^3. La zone de 10 *m* immédiatement inférieure absorbera 6 m^3 et nécessitera un réservoir de 250 000 m^3. La deuxième zone inférieure de 10 *m* plus basse que la précédente absorbera 10 m^3 et nécessitera un réservoir de 450 000 m^3.

Trois zones sont également établies au-dessus de la venue : la

première, de 10 *m* supérieure comme altitude, absorbera 1,50 m^3; la deuxième, qui sera à l'altitude de 152 *m* pour desservir les sommets de Montmartre, absorbera 1 000 *l*, et celle destinée à desservir les forts de Châtillon sera élevée à l'altitude de 192 *m*, elle absorbera 500 *l*. Ces trois zones nécessitent : la première un réservoir de 60 000 *m*, la deuxième un de 40 000 *m*, et, enfin, la troisième un de 20 000 *m* ; ce qui portera la capacité des réservoirs régulateurs à 1 020 000 m^3.

Les eaux descendant du réservoir moyen aux réservoirs inférieurs produiront une force motrice de 3 500 chevaux que l'on utiliserait en partie pour relever les eaux nécessaires à l'alimentation des zones supérieures et qui nécessiteraient une force motrice de 1 400 chevaux.

Des réservoirs partiront les conduites de distribution dont l'importance sera en rapport avec celle des quartiers à desservir; toutes celles dont le diamètre dépasserait 40 *cm* devraient être établies en tuyaux d'acier, comme économie et comme sécurité.

Il n'y aurait plus de double distribution à l'intérieur des appartements, toutes les eaux étant également potables et sanitaires.

§ 5. — Estimation.

L'évaluation des dépenses a été étudiée et faite, non seulement avec nos moyens personnels et notre longue habitude des travaux, mais aussi à l'aide bienveillant de nombreux et éminents Ingénieurs et aussi d'entrepreneurs spéciaux pour chaque catégorie d'ouvrage ; le milieu dans lequel nous vivons et travaillons nous a rendu cette tâche facile.

Il y aura certainement quelques mécomptes, mais ils seront peu importants et on aura dans les entreprises des rabais plus que suffisants pour y parer ; on peut considérer le chiffre de notre estimation comme étant la somme réelle à dépenser.

Études, projets, règlements de comptes, comprenant une durée de six années.			14 000 000 *f*
Prises d'eau, chambre de vannage et modification des travaux du barrage de Genève, s'il y a lieu.			2 200 000
Aqueduc de 16,98 *m* de section en tranchée. .	98 220 *m*	470 *f*	46 163 400
Même ouvrage en demi-tranchée	16 960	380	6 444 800
Même ouvrage sur remblais.	23 850	460	10 971 000
Acqueduc de 7,61 *m* de section en tranchée. .	10 760	320	3 443 200
Même ouvrage en demi-tranchée	2 450	240	588 000
A reporter.			83 810 400

Report			83 810 400
Même ouvrage sur remblais.	9 530	300	2 859 000
Viaducs de 16,98 *m* de section ayant 10 *m* de hauteur moyenne sous radier.	8 820	1 150	10 143 000
Mêmes ouvrages ayant 20 *m* de hauteur moyenne..	11 750	1 490	17 507 500
— — 30 *m* — —	3 990	1 920	7 660 800
— — 40 *m* — —	1 150	2 450	2 817 500
Viaducs de 11,17 *m* de section ayant 10 *m* de hauteur moyenne sous radier.	1 410	735	1 036 350
Mêmes ouvrages ayant 20 *m* de hauteur moyenne..	2 010	950	1 909 500
— — 30 *m* — —	650	1 225	796 250
— — 40 *m* — —	50	1 565	78 250
Souterrain à section de 19,80 *m* sous le mont Morgne, entièrement voûté	3 000	1 800	5 400 000
Même ouvrage sous le mont Ordonnaz.	4 000	2 000	8 000 000
— — Nivollet	2 040	1 500	3 060 000
Souterrain à section de 8,91 *m* sous le mont Vuache, entièrement voûté	2 400	1 100	2 640 000
Souterrains à section de 19,80 *m* à exécuter par galerie ouverte, entièrement voûtés	21 260	620	13 181 200
Mêmes ouvrages en rocher dur, revêtus. . . .	8 200	600	4 920 000
Souterrains à section de 19,80 *m* à exécuter par puits de moins de 50 *m* de hauteur, entièrement voûtés.	89 800	690	61 962 000
Mêmes ouvrages en rocher dur, revêtus. . . .	34 180	660	22 558 800
Souterrains à section de 19,80 *m* à exécuter par puits de 50 à 150 *m* de hauteur, entièrement voûtés.	65 500	760	49 780 000
Mêmes ouvrages en rocher dur, revêtus. . . .	25 800	720	18 576 000
Souterrains à section de 19,80 *m* à exécuter par puits de 150 à 250 *m* de hauteur, entièrement voûtés.	14 600	820	11 972 000
Mêmes ouvrages en rocher dur, revêtus. . . .	4 060	770	3 126 200
Souterrains à section de 8,91 *m* à exécuter par les têtes dans les terrains de toute nature, entièrement voûtés	4 240	330	1 399 200
Mêmes ouvrages à exécuter par puits de moins de 50 *m* de hauteur	9 440	380	3 587 200
Conduites en tuyaux d'acier de 3,100 *m* de diamètre, revêtues à l'intérieur d'une chemise de protection en mortier de ciment artificiel sous pression de 0 à 35 *m*.	21 310	690	14 703 900
Mêmes ouvrages sous pression de 35 à 45 *m*. .	8 190	835	6 838 650
— — 45 à 55 *m*. .	16 320	980	15 993 600
— — 55 à 65 *m*. .	6 860	1 125	7 717 500
— — 65 à 75 *m*. .	1 940	1 270	2 463 800
— — 75 à 85 m. .	4 000	1 415	5 660 000
Pont sur le Rhône pour recevoir le canal en maçonnerie ayant une section de 11,17 *m*.			2 964 000
Pont sur le Seran pour recevoir les tuyaux d'acier et ouvrages aux abords.			100 000
Même ouvrage sur l'Albarine			100 000
— l'Ain			400 000
— la Saône.			1 650 000
— le canal du Centre et la Bourbince			80 000
— l'Arroux.			80 000
— l'Aron.			40 000
— le Loing.			400 000
Six réservoirs de réception formant un total de 1 020 000 m^3. . . .			7 140 000
A reporter			405 113 000

Report	405 113 000
Machines hydrauliques de 1 400 chevaux, pompes, bâtiments, conduites ascensionnelles	2 100 000
Divers et vidanges	2 787 400
Montant général des dépenses à faire pour la captation des eaux du Léman, leur adduction et leur réception à Paris	410 000 000
A cette somme il convient d'ajouter l'intérêt à desservir au taux de la rente 3,30 0/0 aux sociétaires ou actionnaires sur leurs versements, qui auront lieu au fur et à mesure de l'avancement des travaux, soit une moyenne de capital de 200 millions pendant six années, donnant 39 600 000 *f*. En nombre rond	40 000 000
TOTAL GÉNÉRAL	450 000 000

§ 6. — Distribution.

La distribution se ferait au moyen de quarante conduites en tuyaux d'acier de 1,10 *m* de diamètre moyen, sous pression courante de 50 *m*; ces conduites auraient moyennement une longueur de 10 *km*, soit, au total : 400 *km*.

Le prix des tuyaux d'acier travaillant à 5 *kg* seulement pour ces conduites serait de 50 *f* par mètre courant, auquel il faut ajouter 25 *f* pour diverses fournitures, travaux dans les rues, places, et pour leur pose ; soit ensemble 75 *f*, et, pour 400 *km* : 30 millions.

Les propriétaires auront à faire les branchements nécessaires à l'alimentation de leurs maisons ; à cet effet, on peut consacrer une somme de 20 millions, tant pour les aider que pour améliorer et compléter les égouts. Nous arriverons ainsi à une dépense de 50 millions pour la distribution.

L'adduction et la distribution publique générale reviendraient à 500 millions.

On remarquera qu'une distribution unique en eaux du Léman et de sources supprime les doubles canalisations dans les appartements et, de ce chef, d'après M. Alphand, économise 100 millions aux propriétaires.

Elle supprime aussi les 35 millions à dépenser pour la dérivation de l'Avre.

§ 7. — Économie financière.

Le prix de l'eau vendue au public par les villes ou les Compagnies concessionnaires varie beaucoup, suivant, sans doute, le prix de revient de ces eaux ; partout elles coûtent cher, comme

le démontre le tableau suivant, établi avec les tarifs de villes diversement situées et de toutes grandeurs :

VILLES	POPULATION	PRIX DU MÈTRE CUBE POUR CONSOMMATION D'EAU EN NOMBRE DE LITRES PAR 24 HEURES				
		250	1 000	2 000	5 000	20 000
Paris	2 300 000	0.44	0.33	0.33	0.33	0.26
Lyon	400 000	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Clermont-Ferrand.	70 000	0.25	0.25	0.22	0.16	0.10
Dijon	50 000	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Nevers.	25 000	0.14	0.27	0.41	0.41	0.41
Chalon-sur-Saône.	20 000	0.41	0.33	0.27	0.27	0.27
Dôle.	13 000	0.20	0.17	0.15	0.12	0.11

A Paris, le petit consommateur, c'est-à-dire le modeste ouvrier, paie l'eau nécessaire à son existence 0,44 *f;* la population aisée, 0,33 *f*, et la population opulente, 0,26 *f*. Clermont-Ferrand, Chalon-sur-Saône et Dôle ont également établi des tarifs diminuant le prix de l'unité quand la consommation augmente. Lyon et Dijon ont des tarifs égaux pour tous. Nevers augmente le prix avec la consommation.

Le tarif de Paris est établi à un point de vue essentiellement commercial, mais nullement humanitaire, ni démocratique ; il suffira de signaler cet état de choses, si peu en rapport aujourd'hui avec nos institutions, pour que le Conseil municipal de la capitale de la France le fasse cesser ; notre projet en facilite les moyens, et le problème peut être résolu de la façon suivante :

La construction de la dérivation et son exploitation avec englobement des ressources et charges actuelles se feraient par une Compagnie formée sur les bases générales suivantes :

Concession pour quatre-vingt-dix-neuf ans, avec retour soit à l'État, soit aux communes intéressées du département de la Seine, soit en participation de ces deux individualités.

Livraison du canal et de la distribution six années après le décret d'utilité publique rendu.

Cession gratuite à la Ville de Paris de 200 000 m^3 d'eau par jour pour ses établissements communaux, ses rues, places et jardins, et 400 000 m^3 les dimanches et jours fériés.

Même avantage proportionnel aux communes intéressées du département de la Seine.

Les eaux journalières livrées jusqu'à 30 m^3 par immeuble seront considérées comme eaux d'alimentation ou ménagères et livrées au prix uniforme de 0,25 *f* le mètre cube.

Les consommations journalières supérieures à 30 m^3 par immeuble et livrées sous grande pression seront considérées comme eaux industrielles et le prix du mètre cube abaissé à 0,15 *f* pour les 30 premiers mètres, à 0,10 *f* pour les 40 suivants et, enfin, à 0,06 *f* pour les excédents de 100 *m*; ce qui, en cas d'emploi comme force motrice, donnerait à domicile 0,20 *f* pour prix de l'heure du cheval-vapeur.

Ces prix, notablement réduits sur les tarifs actuels pour les petits consommateurs et les industriels, permettraient, néanmoins, une rétribution suffisante à la Compagnie, qui partagerait le revenu excédant 5 0/0 de ses actions avec la Ville de Paris et les communes intéressées.

La Ville de Paris n'aurait plus à dépenser les 1 800 000 *f* que lui coûte en ce moment son service hydraulique et aurait une espérance bien fondée d'un boni important, en même temps qu'elle donnerait pleine satisfaction à sa population, sans nuire à personne.

§ 8. — Ville de Lyon.

Nous consacrerons un chapitre sommaire à la ville de Lyon, dont les intérêts, quoique d'un ordre différent, sont également très grands dans cette entreprise. On peut la desservir par la même conduite, en augmentant le volume de prise de 4 m^3 à la seconde et en faisant un embranchement de 40 *km* entre les Dombes et la Croix-Rousse.

Les eaux arriveraient à plus de 100 *m* au-dessus du niveau des quais et auraient une réelle valeur économique comme force motrice, ce qui n'a pas lieu à Paris, où la hauteur de chute est un tiers moins grande et la dépense pour amener les eaux plus que triple.

Lyon n'a pas besoin d'eau au point de vue sanitaire général; le Rhône et la Saône sont des émonctoires puissants, et la ville, étant six fois moins grande que Paris, n'offre pas les mêmes dangers pestilentiels; mais les eaux du Léman lui seraient très utiles comme qualité et comme quantité; elles seraient surtout très

avantageuses au point de vue économique, puisque les eaux actuelles sont vendues 0,05 *f* à la ville pour ses propres besoins et 0,60 *f* aux particuliers, prix excessif, tandis que la Compagnie du canal du Léman pourrait donner gratuitement à la ville 30 000 m^3 par jour pour ses bâtiments communaux et ses fontaines publiques et vendre les eaux 0,08 *f* aux particuliers et seulement 0,05 *f* à ceux qui l'emploieraient comme force motrice.

La navigation du Rhône n'aurait pas à se plaindre de ce surcroît de captage, puisque les eaux lui sont rendues.

Ce serait sage à la ville de Lyon de se joindre à celle de Paris pour demander cette prise d'eau aux pouvoirs publics.

§ 9. — Conclusion.

Bien des idées ont été émises sur l'alimentation en eaux de Paris, bien des projets ont été dressés et s'élaborent encore en ce moment; mais, jusqu'à ce jour, aucun de pratique n'a eu l'ampleur nécessaire pour les besoins complexes de l'immense cité à laquelle il faut une abondance d'eau salubre distribuée simplement, sans crainte des mélanges produits par les troubles atmosphériques, les erreurs, l'insouciance ou l'incurie de la surveillance.

Toutes les captations faites dans le bassin de la Seine, quel que soit le point de vue où on les envisage, sont un appauvrissement pour Paris comme pour les contrées où elles sont faites.

A propos des eaux de rivière, la description que l'on fait aujourd'hui du fonctionnement du filtre à sable rappelle l'avis de M. Belgrand sur cet appareil : « Vous voulez clarifier en grand, nous disait-il, alors n'allez pas voir mes filtres qui donnent de l'eau si limpide, évitez de constater qu'elle n'est qu'une infusion de cadavres et de pourriture, surtout buvez-en peu afin d'éviter les coliques. »

Le bassin de la Loire, très habité, sans sources importantes, sans grand réservoir, présente peu d'intérêt.

C'est le Rhône avec son Léman, qui seul possède les ressources nécessaires à notre capitale, et, par une coïncidence heureuse, ses eaux, les plus limpides, les plus salubres connues, peuvent être rendues en abondance à Paris à un prix minime, alors que, jusqu'à ce jour, celles qui y ont été amenées et qu'on veut y amener encore coûtent cher, sans même tenir compte de l'appauvrissement de la contrée qui alimente de ses produits la population

parisienne, ni de la diminution de la puissance entraînante de la Seine.

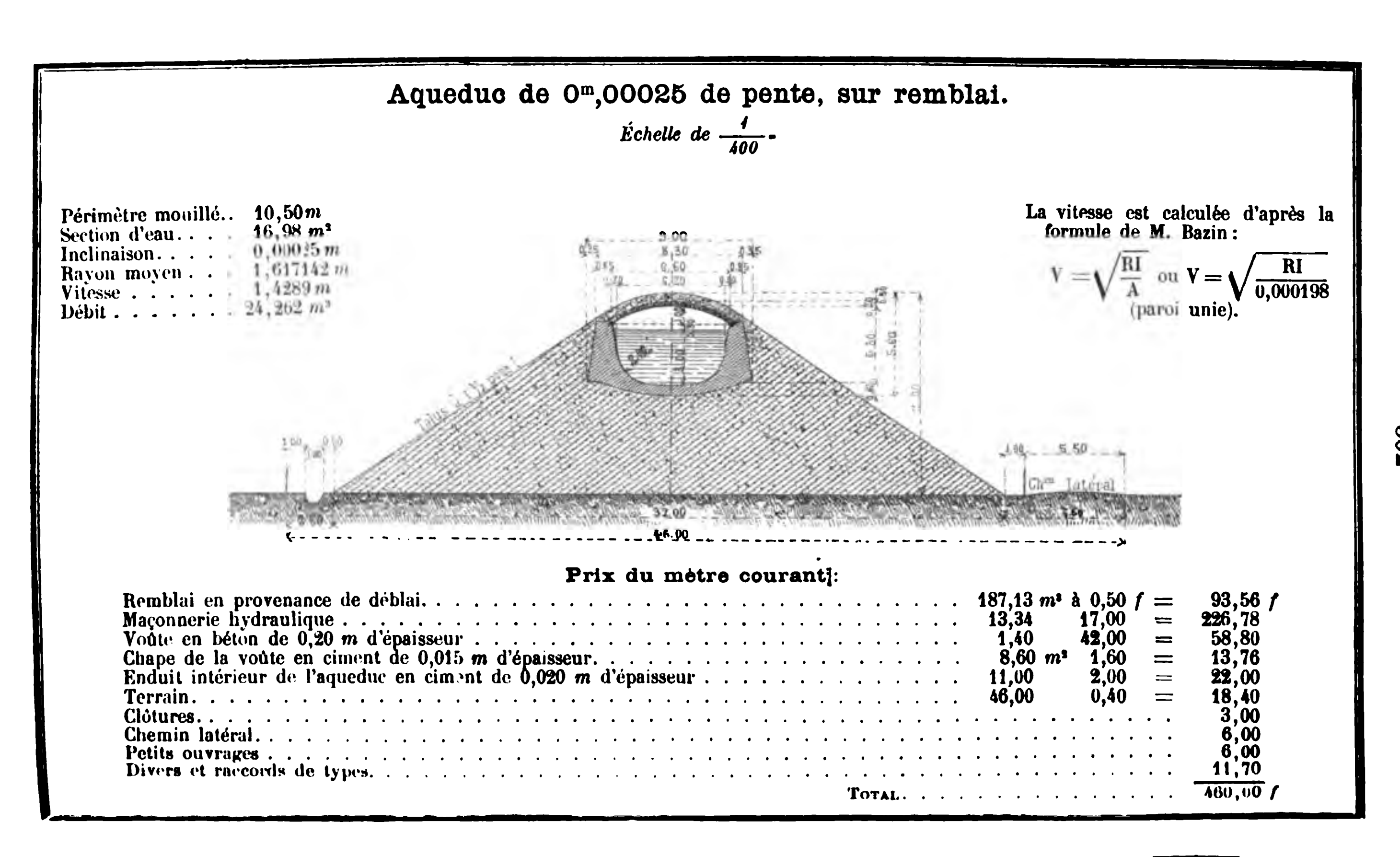
Paris, pour récupérer le prix élevé que coûtent ses eaux, en fait actuellement une affaire mercantile, vendant plus cher au modeste ouvrier consommant peu qu'au riche propriétaire ou industriel consommant beaucoup. Notre projet permettra à la municipalité parisienne de changer radicalement ce système si peu en rapport avec nos mœurs et nos institutions, surtout lorsqu'il s'applique à l'alimentation humaine.

On éprouvera certainement des difficultés à faire modifier un grand programme comme celui étudié et dressé depuis longtemps pour l'alimentation en eaux de Paris, malgré qu'il soit, en ce moment, tombé à l'état caduc par les inconvénients qu'il présente et son insuffisance; mais notre projet a de tels avantages qu'il s'imposera: c'est le seul réellement pratique et complet qui réponde à tous les besoins, à toutes les exigences hygiéniques et sanitaires de la capitale de la France.

Creusot, le 30 août 1890.

Aqueduc de 0m,00025 de pente, sur remblai.

Échelle de $\frac{1}{400}$.



Périmètre mouillé	10,50 *m*
Section d'eau	16,98 *m*²
Inclinaison	0,00025 *m*
Rayon moyen	1,617142 *m*
Vitesse	1,4289 *m*
Débit	24,262 *m*³

La vitesse est calculée d'après la formule de M. Bazin :

$$V = \sqrt{\frac{RI}{A}} \text{ ou } V = \sqrt{\frac{RI}{0,000198}}$$

(paroi unie).

Prix du mètre courant :

Remblai en provenance de déblai	187,13 *m*³	à 0,50 *f*	=	93,56 *f*
Maçonnerie hydraulique	13,34	17,00	=	226,78
Voûte en béton de 0,20 *m* d'épaisseur	1,40	42,00	=	58,80
Chape de la voûte en ciment de 0,015 *m* d'épaisseur	8,60 *m*²	1,60	=	13,76
Enduit intérieur de l'aqueduc en ciment de 0,020 *m* d'épaisseur	11,00	2,00	=	22,00
Terrain	46,00	0,40	=	18,40
Clôtures				3,00
Chemin latéral				6,00
Petits ouvrages				6,00
Divers et raccords de types				11,70
TOTAL				460,00 *f*

Aqueduc de 0m,0020 de pente, sur remblai.

Échelle de $\frac{1}{400}$.

Périmètre mouillé	7,19 *m*
Section d'eau	7,61 *m*²
Inclinaison	0,002 *m*
Rayon moyen	1,058 *m*
Vitesse	3,228 *m*
Débit	24,56 *m*³

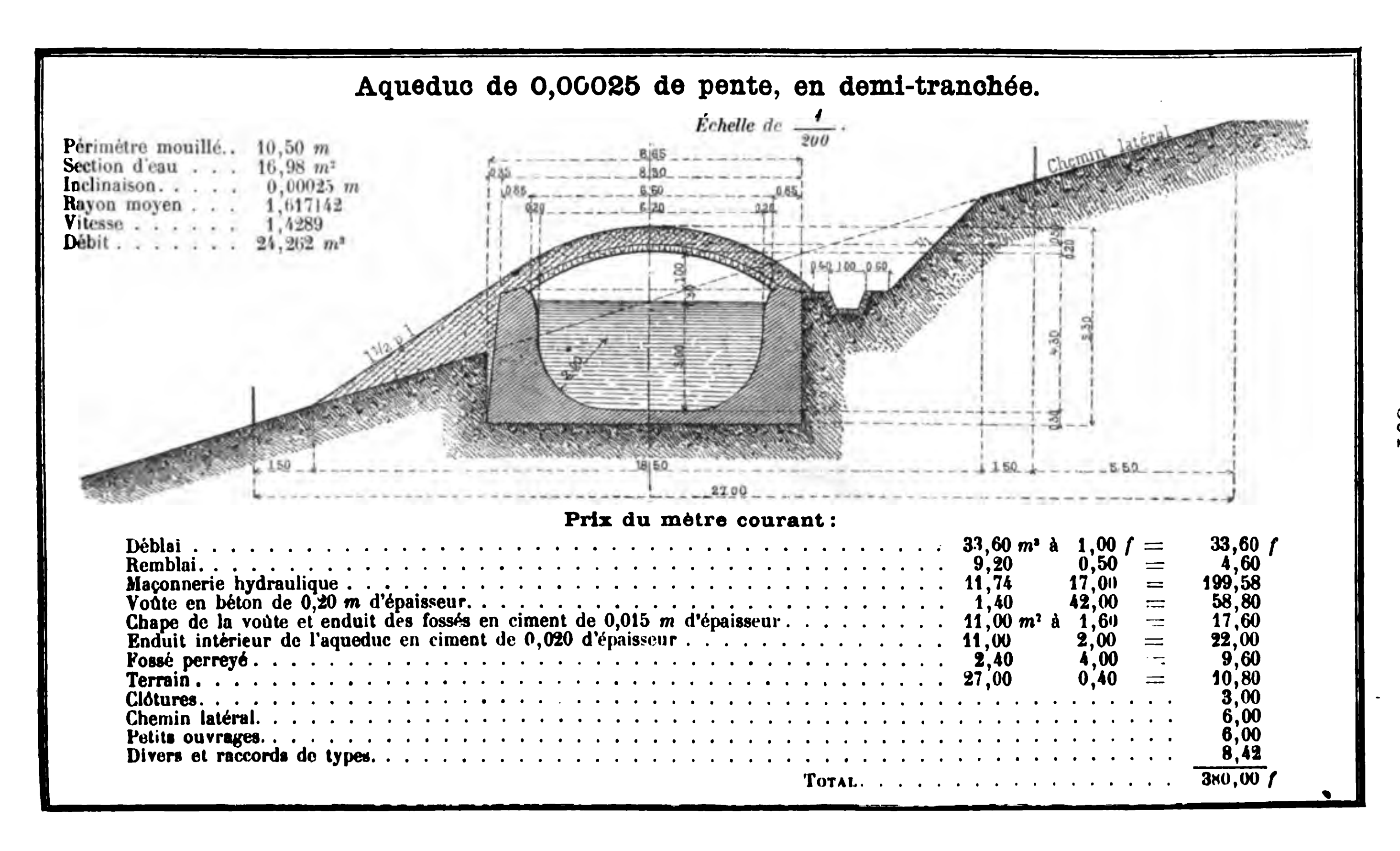
La vitesse est calculée d'après la formule de M. Bazin :

$$V = \sqrt{\frac{RI}{A}} \text{ ou } V = \sqrt{\frac{RI}{0{,}000203}}$$

(paroi unie).

Prix du mètre courant :

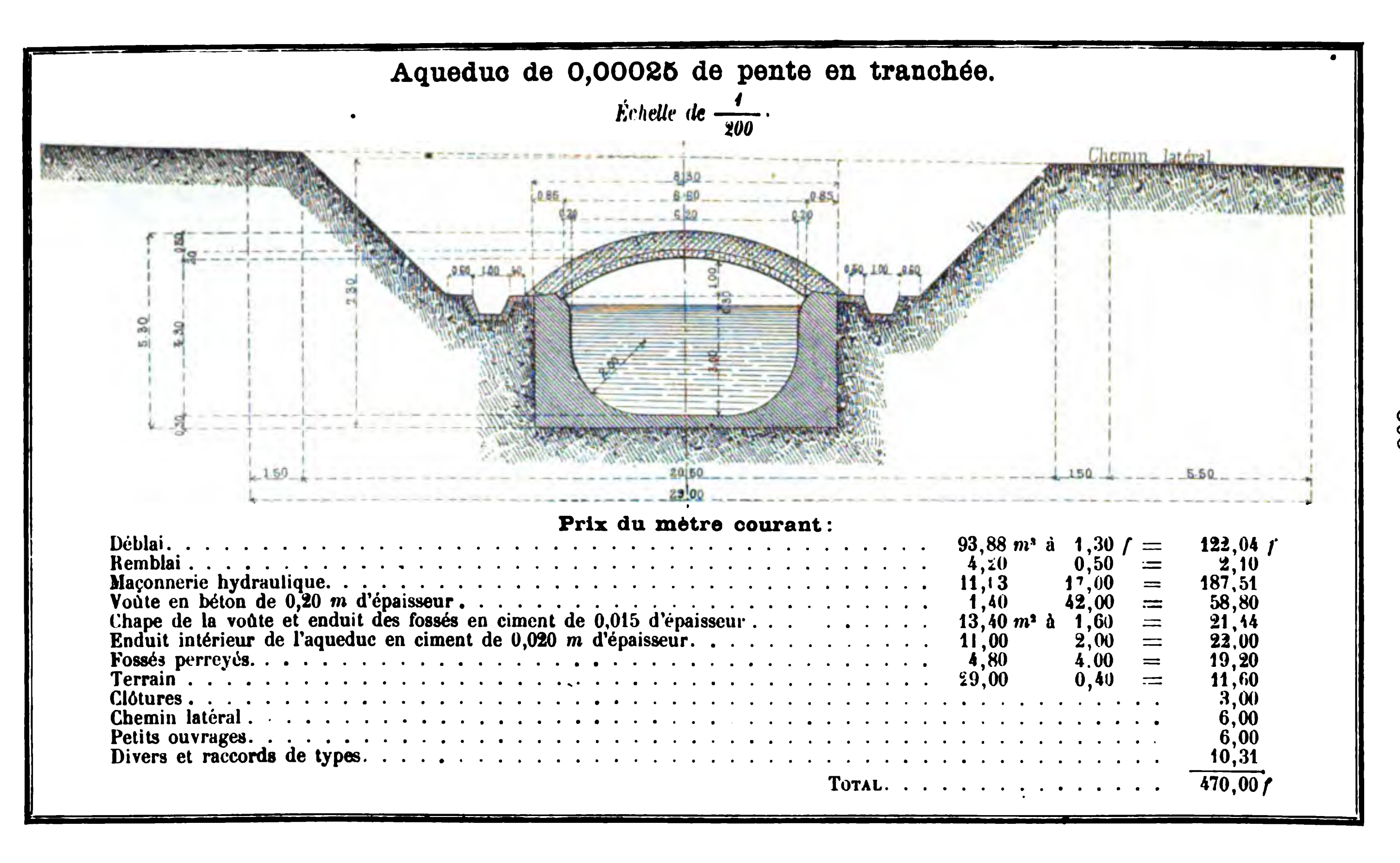
Remblai en provenance de déblai	147,85 *m*³ à	0,50 *f*	=	73,92
Maçonnerie hydraulique	6,59	17,00	=	112,03
Voûte en béton de 0,20 *m* d'épaisseur	1,00	42,00	=	42,00
Chape de la voûte en ciment de 0,015 *m* d'épaisseur	6,00 *m*² à	1,60	=	9,60
Enduit intérieur de l'aqueduc en ciment de 0,020 *m* d'épaisseur	7,60	2,00	=	15,20
Terrain	41,00	0,40	=	16,40
Clôtures				3,00
Chemin latéral				6,00
Petits ouvrages				6,00
Divers et raccords de types				15,85
Total				300,00



Aqueduc de 0,00025 de pente, en demi-tranchée.

Prix du mètre courant :

Déblai	33,60 m³ à	1,00 f	=	33,60 f
Remblai	9,20	0,50	=	4,60
Maçonnerie hydraulique	11,74	17,00	=	199,58
Voûte en béton de 0,20 m d'épaisseur	1,40	42,00	=	58,80
Chape de la voûte et enduit des fossés en ciment de 0,015 m d'épaisseur	11,00 m² à	1,60	=	17,60
Enduit intérieur de l'aqueduc en ciment de 0,020 d'épaisseur	11,00	2,00	=	22,00
Fossé perreyé	2,40	4,00	=	9,60
Terrain	27,00	0,40	=	10,80
Clôtures				3,00
Chemin latéral				6,00
Petits ouvrages				6,00
Divers et raccords de types				8,42
TOTAL				380,00 f



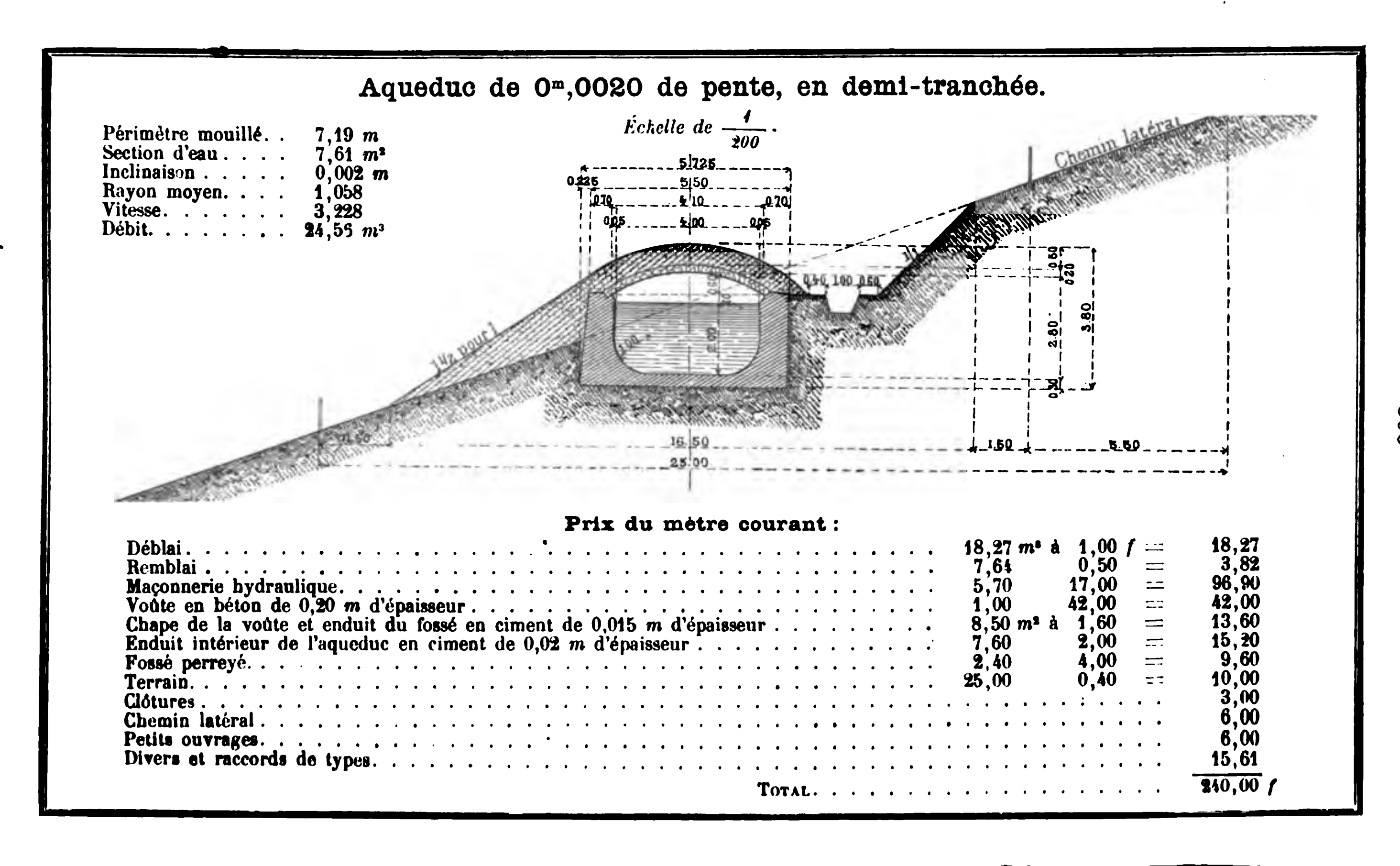
Prix du mètre courant :

Déblai	93,88 m^3 à	1,30 *f*	=	122,04 *f*
Remblai	4,20	0,50	=	2,10
Maçonnerie hydraulique	11,13	17,00	=	187,51
Voûte en béton de 0,20 *m* d'épaisseur	1,40	42,00	=	58,80
Chape de la voûte et enduit des fossés en ciment de 0,015 d'épaisseur	13,40 m^2 à	1,60	=	21,44
Enduit intérieur de l'aqueduc en ciment de 0,020 *m* d'épaisseur	11,00	2,00	=	22,00
Fossés perreyés	4,80	4,00	=	19,20
Terrain	29,00	0,40	=	11,60
Clôtures				3,00
Chemin latéral				6,00
Petits ouvrages				6,00
Divers et raccords de types				10,31
Total				470,00 *f*

Aqueduc de 0^m,0020 de pente, en demi-tranchée.

Périmètre mouillé	7,19 *m*
Section d'eau	7,61 m^2
Inclinaison	0,002 *m*
Rayon moyen	1,058
Vitesse	3,228
Débit	24,55 m^3

Échelle de $\frac{1}{200}$.

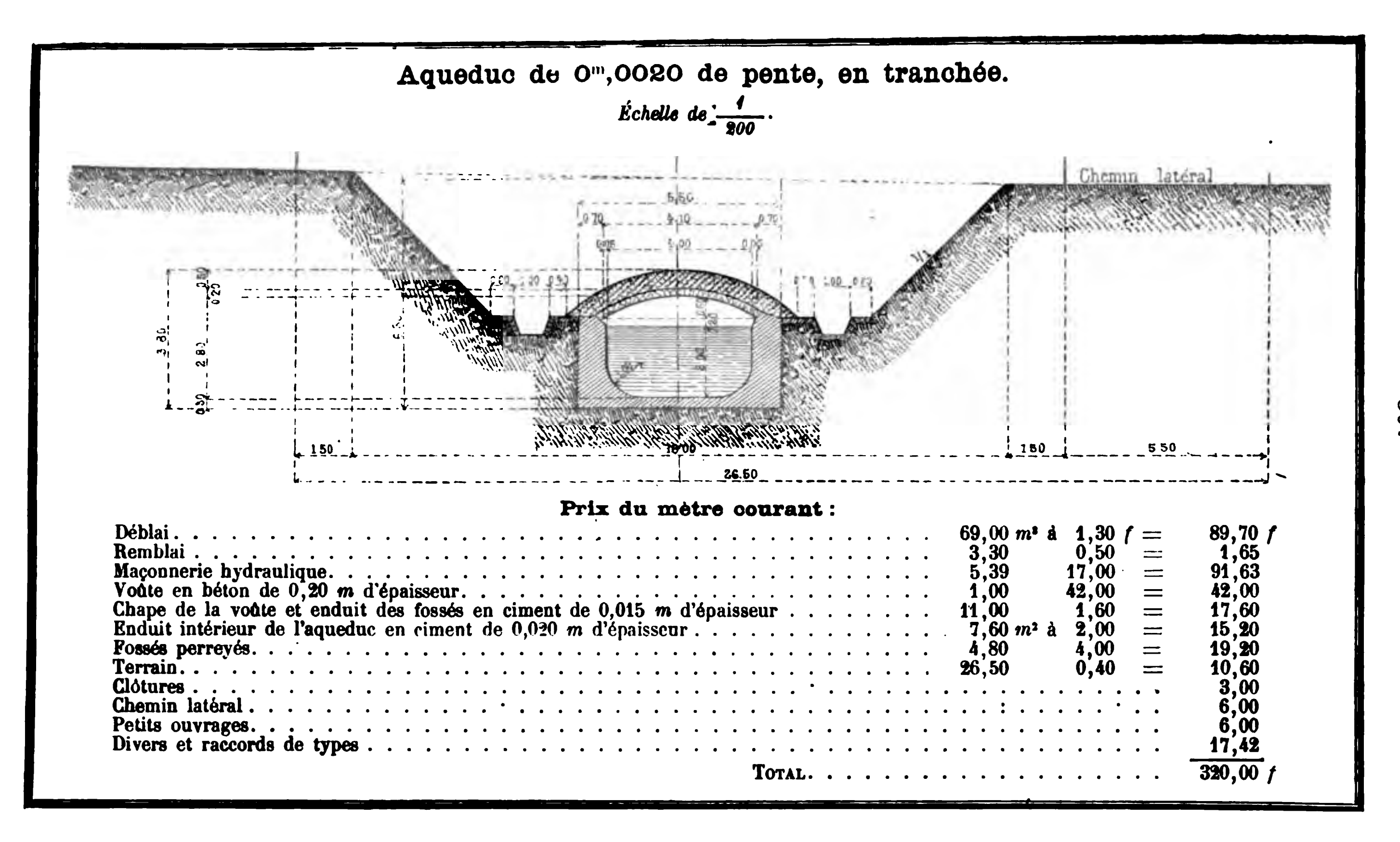


Prix du mètre courant :

Déblai	18,27 m^3 à	1,00 *f*	=	18,27
Remblai	7,64	0,50	=	3,82
Maçonnerie hydraulique	5,70	17,00	=	96,90
Voûte en béton de 0,20 *m* d'épaisseur	1,00	42,00	=	42,00
Chape de la voûte et enduit du fossé en ciment de 0,015 *m* d'épaisseur	8,50 m^2 à	1,60	=	13,60
Enduit intérieur de l'aqueduc en ciment de 0,02 *m* d'épaisseur	7,60	2,00	=	15,20
Fossé perreyé	2,40	4,00	=	9,60
Terrain	25,00	0,40	=	10,00
Clôtures				3,00
Chemin latéral				6,00
Petits ouvrages				6,00
Divers et raccords de types				15,61
Total				240,00 *f*

Aqueduc de 0m,0020 de pente, en tranchée.

Échelle de $\frac{1}{200}$.



Prix du mètre courant :

Déblai	69,00 m^3 à	1,30 f	=	89,70 f
Remblai	3,30	0,50	=	1,65
Maçonnerie hydraulique	5,39	17,00	=	91,63
Voûte en béton de 0,20 *m* d'épaisseur	1,00	42,00	=	42,00
Chape de la voûte et enduit des fossés en ciment de 0,015 *m* d'épaisseur	11,00	1,60	=	17,60
Enduit intérieur de l'aqueduc en ciment de 0,020 *m* d'épaisseur	7,60 m^2 à	2,00	=	15,20
Fossés perreyés	4,80	4,00	=	19,20
Terrain	26,50	0,40	=	10,60
Clôtures				3,00
Chemin latéral				6,00
Petits ouvrages				6,00
Divers et raccords de types				17,42
TOTAL				320,00 f

Souterrain de 0^m,00025 de pente dens les terrains ébouleux.

Échelle de $\frac{1}{200}$.

La vitesse est calculée d'après la formule de M. Bazin :

$$V = \sqrt{\frac{RI}{A}}$$

$$\text{ou } V = \sqrt{\frac{RI}{0,000201}}$$

Périmètre mouillé.	15,96 *m*
Section d'eau	19,80 m^2
Inclinaison..	0,00025 *m*
Rayon moyen	1,2406 *m*
Vitesse . . .	1,2421
Débit. . . .	24,59 m^3

Prix du mètre courant, sans puits.

Déblai	29,24 m^3	à 13,00 *f*	=	380,12 *f*
Maçonnerie hydraulique	9,44	à 20,00	=	188,80
Enduit intérieur, en ciment de 0,020 *m* d'épaisseur	15,96 m^2	à 2,00	=	31,92
Terrain.				10,00
Divers et raccords de types				9,16
	Total.			620,00 *f*

Prix du mètre courant, avec puits de moins de 50 mètres.

Déblai	29,24 m^3	à 14,00 *f*	=	409,36 *f*
Maçonnerie hydraulique	9,44	à 21,00	=	198,24
Enduit intérieur, en ciment de 0,020 *m* d'épaisseur	15,96 m^2	à 2,00	=	31,92
Terrain.				10,00
Fonçage de puits				30,00
Divers et raccords de types				10,48
	Total.			690,00 *f*

Prix du mètre courant, avec puits de 50 à 150 mètres.

Déblai.	29,24 m^3	à 15,00 *f*	=	438,60 *f*
Maçonnerie hydraulique	9,44	à 22,00	=	207,68
Enduit intérieur, en ciment de 0,020 *m* d'épaisseur	15,96 m^2	à 2,00	=	31,92
Terrain				10,00
Fonçage de puits				60,00
Divers et raccords de types				11,80
	Total.			760,00

Prix du mètre courant, avec puits de 150 à 250 mètres.

Déblai	29,24 m^3	à 16,00 *f*	=	467,84 *f*
Maçonnerie hydraulique	9,44	à 23,00	=	217,12
Enduit intérieur, en ciment de 0,020 *m* d'épaisseur	15,96 *m*	à 2,00	=	31,92
Terrain.				10,00
Fonçage de puits				80,00
Divers et raccords de types				13,12
	Total.			820,00 *f*

Souterrain de 0m,00025 de pente dans les rochers compacts.

Échelle de $\frac{1}{200}$.

La vitesse est calculée d'après la formule de M. Bazin :

$$V = \sqrt{\frac{RI}{A}}$$

$$\text{ou } V = \sqrt{\frac{RI}{0,000201}}$$

Périmètre mouillé.	15,96 *m*
Section d'eau	19,80 m^2
Inclinaison. .	0,00025
Rayon moyen	1,2406
Vitesse . . .	1,2421
Débit. . . .	24,59 m^3

Prix du mètre courant, sans puits.

Déblai	24,14 m^3	à 19,00 *f*	=	458,66 *f*
Maçonnerie hydraulique	4,34	à 20,00	=	86,80
Enduit intérieur, en ciment de 0,020 *m* d'épaisseur	15,96 m^2	à 2,00	=	31,92
Terrain.				10,00
Divers et raccords de types				12,62
Total.				600,00 *f*

Prix du mètre courant, avec puits de moins de 50 mètres.

Déblai	24,14 m^3	à 20,00 *f*	=	482,80 *f*
Maçonnerie hydraulique.	4,34	à 21,00	=	91,14
Enduit intérieur, en ciment de 0,020 *m* d'épaisseur	15,96 m^2	à 2,00	=	31,92
Terrain.				10,00
Fonçage de puits				30,00
Divers et raccords de types				14,14
Total.				660,00

Prix du mètre courant, avec puits de 50 à 150 mètres.

Déblai	24,14 m^3	à 21,00 *f*	=	506,94 *f*
Maçonnerie hydraulique.	4,34	à 22,00	=	95,48
Enduit intérieur, en ciment de 0,020 *m* d'épaisseur	15,96 m^2	à 2,00	=	31,92
Terrain.				10,00
Fonçage de puits				60,00
Divers et raccords de types				15,66
Total.				720,00 *f*

Prix du mètre courant, avec puits de 150 à 250 mètres.

Déblai.	24,14 m^3	à 22,00 *f*	=	531,08 *f*
Maçonnerie hydraulique.	4,34	à 23,00	=	99,82
Enduit intérieur, en ciment de 0,020 *m* d'épaisseur	15,96 m^2	à 2,00	=	31,92
Terrain.				10,00
Fonçage de puits.				80,00
Divers et raccords de types				17,18
Total.				770,00 *f*

Souterrain de 0m,0020 de pente dans les terrains ébouleux.

Échelle de $\frac{1}{200}$.

La vitesse est calculée d'après la formule de M. Bazin :

$$V = \sqrt{\frac{RI}{A}}$$

$$\text{ou } V = \sqrt{\frac{RI}{0,000206}}$$

Périmètre mouillé.	10,70 *m*
Section d'eau	8,91 m^2
Rayon moyen	0,8327 *m*
Inclinaison. .	0,002
Vitesse . . .	2,843
Débit. . . .	25,33 m^3

Prix du mètre courant, sans puits.

Déblai	14,17 m^3 à 13,00 *f*	=	184,21 *f*
Maçonnerie hydraulique	5,26 à 20,00	=	105,20
Enduit intérieur, en ciment de 0,020 *m* d'épaisseur	10,70 m^2 à 2,00	=	21,40
Terrain			10,00
Divers et raccords de types			9,19
	Total		330,00 *f*

Prix du mètre courant, avec puits de moins de 50 mètres.

Déblai	14,17 m^3 à 14,00 *f*	=	198,38 *f*
Maçonnerie hydraulique	5,26 à 21,00	=	110,46
Enduit intérieur, en ciment de 0,020 *m* d'épaisseur	10,70 m^2 à 2,00	=	21,40
Terrain			10,00
Fonçage de puits			30,00
Divers et raccords de types			9,76
	Total		380,00 *f*

Prix du mètre courant, avec puits de 50 à 150 mètres.

Déblai	14,17 m^3 à 15,00 *f*	=	212,55 *f*
Maçonnerie hydraulique	5,26 à 22,00	=	115,72
Enduit intérieur, en ciment de 0,020 *m* d'épaisseur	10,70 m^2 à 2,00	=	21,40
Terrain			10,00
Fonçage de puits			60,00
Divers et raccords de types			10,33
	Total		430,00 *f*

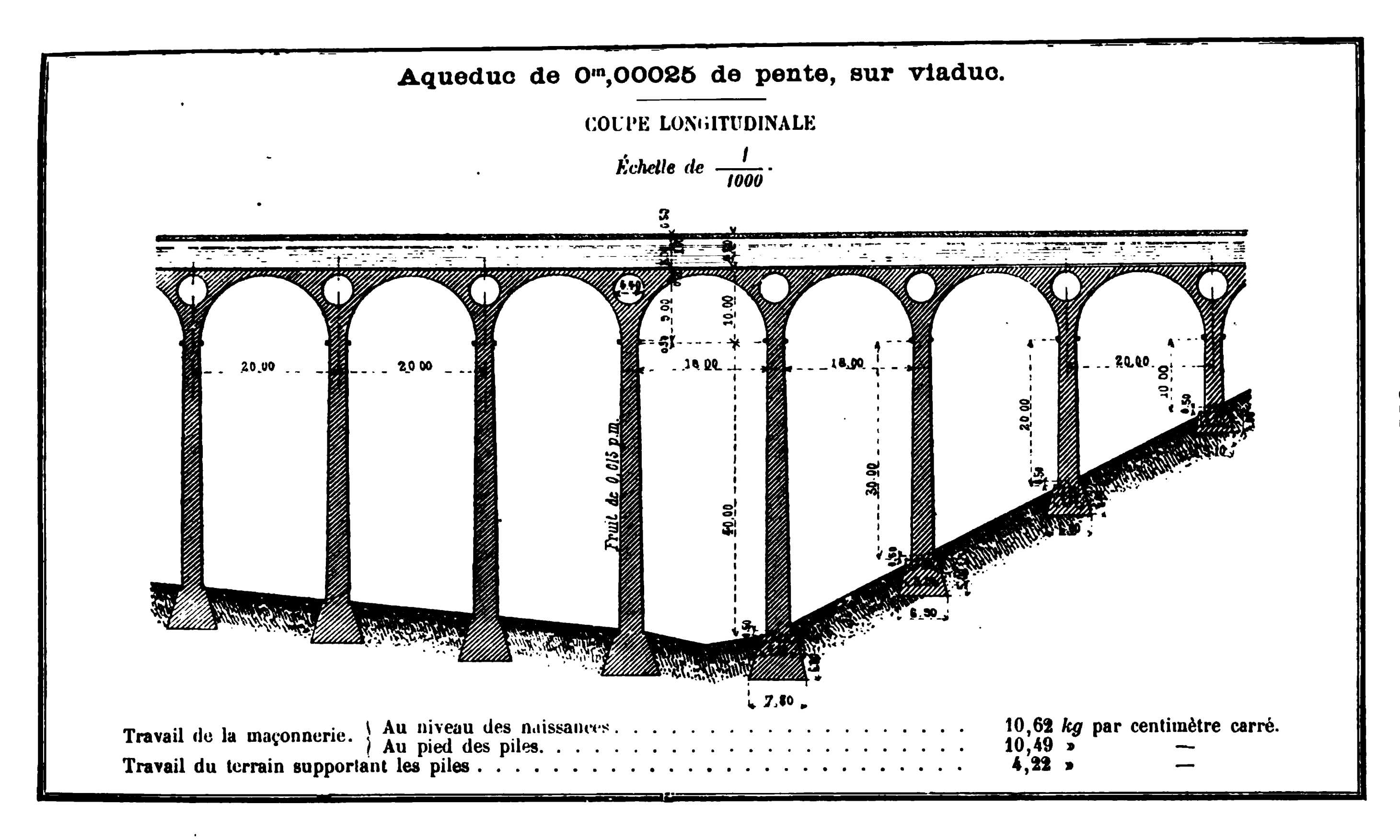
Prix du mètre courant, avec puits de 150 à 250 mètres.

Déblai	14,17 m^3 à 16,00 *f*	=	226,72 *f*
Maçonnerie hydraulique	5,26 à 23,00	=	120,98
Enduit intérieur, en ciment de 0,020 *m* d'épaisseur	10,70 m^2 à 2,00	=	21,40
Terrain			10,00
Fonçage de puits			80,00
Divers et raccords de types			10,90
	Total		470,00 *f*

Aqueduc de $0^{m},00025$ de pente, sur viaduc.

COUPE LONGITUDINALE

Échelle de $\frac{1}{1000}$.



Travail de la maçonnerie.	Au niveau des naissances	10,62 *kg*	par centimètre carré.
	Au pied des piles	10,49 »	—
Travail du terrain supportant les piles		4,22 »	—

Aqueduc de $0^m,00025$ de pente sur viaduc.

ESTIMATION D'UNE ARCHE REPOSANT SUR FONDATION

Déblai	176,41 m^3	à 1,30 f	=	229,37 f
Maçonnerie de fondation	79,92	à 17,00	=	1 358,64
Maçonnerie de l'aqueduc	194,80	à 19,00	=	3 701,20
Voûte du viaduc	496,21	à 20,00	=	9 924,20
Voûte de l'aqueduc	72,00	à 40,00	=	2 880,00
Chape du viaduc	190,00 m^2	à 5,00	=	950,00
Chape de l'aqueduc	172,00	à 1,60	=	275,20
Enduit intérieur de l'aqueduc	176,00	à 2,00	=	352,00
Pont de service	496,21 m^2	à 5,00	=	2 481,05
Terrain	400,00 m^2	à 0,40	=	160,00
Garde-corps				600,00
Divers et raccords de types				88,34
		Total		23 000,00 f

Prix du mètre courant : $\frac{23\,000}{20} = 1\,150$ **francs.**

ARCHE SUR PILE DE 10 MÈTRES DE HAUTEUR

Déblai	356,04 m^3	à 1,30 f	=	462,85 f
Maçonnerie de fondation	153,72	à 17,00	=	2 613,24
Maçonnerie de l'aqueduc	194,80	à 19,00	=	3 701,20
Pile	212,85	à 20,00	=	4 257,00
Voûte du viaduc	496,21	à 20,00	=	9 924,20
Voûte de l'aqueduc	72,00	à 40,00	=	2 880,00
Chape du viaduc	190,00 m^2	à 5,00	=	950,00
Chape de l'aqueduc	172,00	à 1,60	=	275,20
Enduit intérieur de l'aqueduc	176,00	à 2,00	=	352,00
Pont de service	709,06 m^2	à 5,00	=	3 545,30
Terrain	400,00 m^2	à 0,40	=	160,00
Garde-corps				600,00
Divers et raccords de types				79,01
		Total		29 800,00 f

Prix du mètre courant : 1 490 francs.

ARCHE SUR PILE DE 20 MÈTRES DE HAUTEUR

Déblai	621,84 m^3	à 1,30 f	=	808,39 f
Maçonnerie de fondation	255,36	à 17,00	=	4 341,12
Maçonnerie de l'aqueduc	194,80	à 19,00	=	3 701,20
Pile	473,80	à 20,00	=	9 476,00
Voûte du viaduc	496,21	à 20,00	=	9 924,20
Voûte de l'aqueduc	72,00	à 40,00	=	2 880,00
Chape du viaduc	190,00 m^2	à 5,00	=	950,00
Chape de l'aqueduc	172,00	à 1,60	=	275,20
Enduit intérieur de l'aqueduc	176,00	à 2,00	=	352,00
Pont de service	970,01 m^2	à 5,00	=	4 850,05
Terrain	400,00	à 0,40	=	160,00
Garde-corps				600,00
Divers et raccords de types				81,84
		Total		38 400,00 f

Prix du mètre courant : 1 920 francs.

Aqueduc de 0m,00025 de pente sur viaduc *(suite)*.

ARCHE SUR PILE DE 30 MÈTRES DE HAUTEUR

Déblai	989,85 m³	à 1,30	=	1 286,80 f
Maçonnerie de fondation	388,80	à 17,00	=	6 609,60
Maçonnerie de l'aqueduc	194,80	à 19,00	=	3 701,20
Pile	786,45	à 20,00	=	15 729,00
Voûte du viaduc	496,21	à 20,00	=	9 924,20
Voûte de l'aqueduc	72,00	à 40,00	=	2 880,00
Chape du viaduc	190,00 m²	à 5,00	=	950,00
Chape de l'aqueduc	172,00	à 1,60	=	275,20
Enduit intérieur de l'aqueduc	176,00	à 2,00	=	352,00
Pont de service	1 282,66 m³	à 5,00	=	6 413,30
Terrain	400,00 m²	à 0,40	=	160,00
Garde-corps				600,00
Divers et raccords de types				118,70
Total				49 000,00 f

Prix du mètre courant : 2 450 francs.

ARCHE SUR PILE DE 40 MÈTRES DE HAUTEUR

Déblai	1 476,00 m³	à 1,30 f	=	1 918,80 f
Maçonnerie de fondation	558,00	à 17,00	=	9 486,00
Maçonnerie de l'aqueduc	194,80	à 19,00	=	3 701,20
Pile	1 154,40	à 20,00	=	23 088,00
Voûte du viaduc	496,21	à 20,00	=	9 924,20
Voûte de l'aqueduc	72,00	à 40,00	=	2 880,00
Chape du viaduc	190,00 m²	à 5,00	=	950,00
Chape de l'aqueduc	172,00	à 1,60	=	275,20
Enduit intérieur de l'aqueduc	176,00	à 2,00	=	352,00
Pont de service	1 650,61 m³	à 5,00	=	8 253,05
Terrain	400,00 m²	à 0,40	=	160,00
Garde-corps				600,00
Divers et raccords de types				111,55
Total				61 700,00

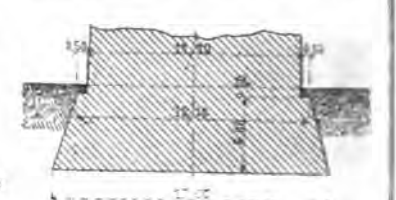
Prix du mètre courant : 3 085 francs.

Aqueduc de 0m,00025 de pente, sur viaduc.

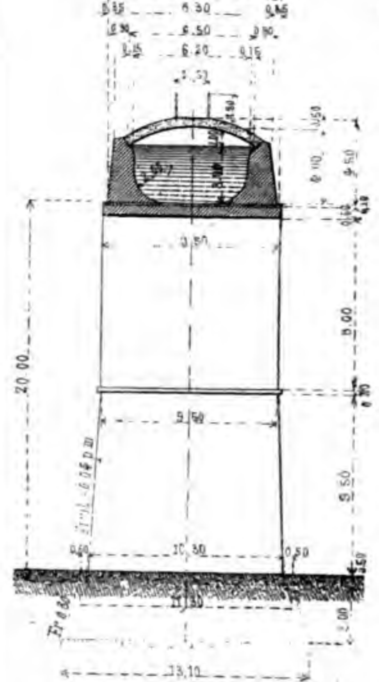
Échelle de $\frac{1}{400}$.

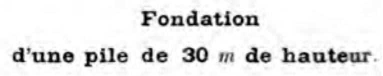
Périmètre mouillé.	10,50 *m*
Section d'eau.	16,98 *m*²
Inclinaison.	1,617142 *m*
Rayon moyen	0,00025
Vitesse.	1,4289
Débit	24,262 *m*³

Fondation
d'une pile de 20 *m* de hauteur.

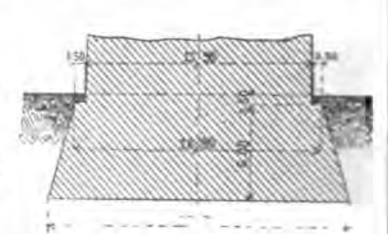


Coupe transversale d'une arche sur pile de 10 *m* de hauteur.

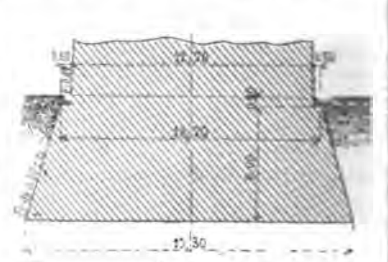




Fondation
d'une pile de 30 *m* de hauteur.



Fondation
d'une pile de 40 *m* de hauteur.



Aqueduc de $0^m,0008$ de pente, sur viaduc.

Échelle de $\frac{1}{400}$.

Périmètre mouillé. . . .	8,67 *m*
Section d'eau	11,17 *m*²
Inclinaison	0,0008 *m*
Rayon moyen.	1,2883
Vitesse.	2,27
Débit.	25,35 *m*³

La vitesse est calculée d'après la formule de M. Bazin : $V = \sqrt{\frac{RI}{A}}$ ou $V = \sqrt{\frac{RI}{0{,}000200}}$ (paroi unie).

Distance d'axe en axe des piles. 20 *m*

Estimation d'une arche sur pile de 10 *m* de hauteur.

Déblai.	299,08 *m*³	à 1,30 *f*	=	388,80 *f*
Maçonnerie de fondation.	122,40	17,00	=	2 080,80
Maçonnerie de l'aqueduc.	115,00	19,00	=	2 185,00
Pile.	157,13	20,00	=	3 142 60
Voûte du viaduc.	381,02 *m*²	à 20,00	=	7 620,40
Voûte de l'aqueduc	56,00	40,00	=	2 240,00
Chape du viaduc	150,00	5,00	=	750,00
Chape de l'aqueduc	140,00	1,60	=	224,00
Enduit intérieur de l'aqueduc . . .	120,20	2,00	—	240,40
Pont de service.	538,15	5,00	=	2 690,75
Terrain.	400,00	0,40	=	160,00
Garde-corps.				600,00
Divers et raccords de types . . .				77,25
Total.				22 400,00 *f*

Prix du mètre courant :

Pour une arche reposant	sur fondation		865 *f*
— —	sur pile de 10 *m* de hauteur.		1 120
— —	sur pile de 20 *m*	—	1 445
— —	sur pile de 30 *m*	—	1 845
— —	sur pile de 40 *m*	—	2 320

Travail de la maçonnerie.	Au niveau des naissances	10,65 *kg* par *cm*²
	Au pied des piles.	10,23 —
Travail du terrain supportant les piles		3,77 —

Aqueduc de 0,002 de pente sur viaduc.

Échelle de $\frac{1}{400}$.

Périmètre mouillé. . . .	7,19 *m*
Section d'eau.	7,61 m^2
Inclinaison	0,002 *m*
Rayon moyen.	1,058 *m*
Vitesse.	3,228 *m*
Débit.	24,56 m^3

La vitesse est calculée d'après la formule de M. Bazin : $V = \sqrt{\frac{RI}{A}}$ ou $V = \sqrt{\frac{RI}{0,000203}}$ (paroi unie).

Distance d'axe en axe des piles 20 *m*

Estimation d'une arche sur pile de 10 mètres de hauteur.

Déblai	275,81 m^3	à 1,30*f*	=	358,55*f*
Maçonnerie de fondation.	110,40	17,00	=	1 876,80
Maçonnerie de l'aqueduc.	83,80	19,00	=	1 592,20
Pile	134,55	20,00	=	2 691,00
Voûte du viaduc	318,59	20,00	=	6 371,80
Voûte de l'aqueduc	50,00	40,00	=	2 000,00
Chape du viaduc	130,00 m^2	à 5,00	=	650,00
Chape de l'aqueduc	120,00	1,60	=	192,00
Enduit intérieur de l'aqueduc	100,00	2,00	=	200,00
Pont de service	453,14 m^2	à 5,00	=	2 265,70
Terrain.	400,00 m^2	à 0,40	=	160,00
Garde-corps.				600,00
Divers et raccords de types				41,95
Total				19 000,00*f*

Prix du mètre courant.

Pour une arche reposant sur fondation.	735 *f*
— sur pile de 10 *m* de hauteur.	950
— sur pile de 20 *m* —	1 22[illegible]
— sur pile de 30 *m* —	1 565
— sur pile de 40 *m* —	1 970

Travail de la maçonnerie. Au niveau des naissances.	9,80 *kg* par cm^2
Travail de la maçonnerie. Au pied des piles	8,41 —
Travail du terrain supportant les piles.	3,40 —

Conduites de $0^m,0008$ de pente.

Échelle de $\frac{1}{400}$

Périmètre mouillé	9,58 *m*	La vitesse est calculée d'après la formule de M. Bazin :		Rayon moyen	0,76304 *m*
Section d'eau	7,31 *m*²	$V = \sqrt{\frac{RI}{A}}$ ou $V = \sqrt{\frac{RI}{0,000208}}$ (paroi unie)		Vitesse	1,7131 *m*
Inclinaison	0,0008 *m*			Débit d'un tuyau	12,52 *m*³

Prix du mètre courant, avec tuyaux sous pression de 30 mètres.

Terrain	23,00 *f*
Préparation de la forme et supports des tuyaux	66,00
Perrés	36,00
Deux tuyaux chaudronnés	430,00
Transport à pied-d'œuvre	23,00
Plomb	22,00
Pose	10,00
Enduits intérieurs au ciment des tuyaux	50,00
Petits ouvrages et chemins	16,00
Clôtures	4,00
Divers et raccords de types	10,00
Total	690,00 *f*

Prix du mètre courant, avec tuyaux sous pression de 40 *m*	690,00 *f*	+	145,00 *f*	=	835,00 *f*
— — — 50	690,00	+	290,00	=	980,00
— — — 60	690,00	+	435,00	=	1 125,00
— — — 70	690,00	+	580,00	=	1 270,00
— — — 80	690,00	+	725,00	=	1 415,00

TABLE DES MATIÈRES

DISCOURS

PRONONCÉ AUX

OBSÈQUES DE M. FERDINAND MATHIAS

PAR

M. V. CONTAMIN

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

Mesdames et Messieurs,

La Société des Ingénieurs civils ne peut laisser se fermer cette tombe sans adresser un dernier adieu au collègue éminent et aimé qu'elle vient de perdre, sans témoigner publiquement toute la part qu'elle prend aux regrets que sa disparition excite parmi ses confrères de France et les Ingénieurs de tous les pays qui nous entourent.

Sans être une consolation, c'est du moins un adoucissement à la douleur que de voir rappeler l'œuvre de celui qui vient de nous quitter, d'entendre parler de ses travaux, de ses qualités et des affections qu'il a fait naître tout autour de lui ; de voir combien il était estimé par tous ses collègues pour son caractère, et combien on appréciait ses travaux et les perfectionnements qu'après recherches raisonnées et approfondies il savait apporter à la solution des problèmes qu'il se proposait d'étudier et de résoudre.

Des voix autorisées viennent de vous retracer en termes éloquents la carrière de Ferdinand Mathias comme Ingénieur de la Compagnie du Nord ; d'autres vont rappeler les services qu'il a rendus aux associations scientifiques et industrielles, à la prospérité desquelles il lui a été donné de collaborer ; permettez-moi de ne parler ici que de ses relations avec notre Société et de la part qu'il a prise à la bonne renommée du Génie civil.

Esprit d'une grande intelligence et aimant tirer de l'étude des sciences des conclusions trouvant une application pratique, il s'empressa, son éducation générale terminée, d'entrer à l'École

Centrale qui venait d'être fondée dans le but, précisément, de former les hommes spéciaux et instruits qui manquaient au développement de notre production nationale. Il en sortit en 1833, d'autant mieux armé pour la lutte, qu'à ses qualités professionnelles il joignait une bienveillance et une affabilité ne pouvant qu'aider au succès de ses relations. Mais parmi ses multiples et nombreux travaux, c'est par la mécanique et ses applications qu'il se sentait toujours attiré ; aussi, après plusieurs excursions heureuses sur d'autres domaines de la science, se spécialisa-t-il dans l'étude des grands problèmes du mouvement et de la puissance qui lui valurent rapidement un premier succès par la vogue qu'obtint le livre qu'il publia en collaboration avec Charles Callon, sur les *Études de la navigation fluviale par la vapeur*. Dans ce livre publié vers la fin de 1845, se trouvaient déjà indiquées les règles pour la construction des coques et l'établissement des machines qui sont celles suivies et perfectionnées depuis, et, surtout formulé et développé le principe, tout nouveau alors, que le seul moyen de rendre la navigation économique réside dans la haute pression, la grande détente et les condenseurs à surface. Il a, en un mot, dès sa sortie de l'École, aidé, avec le concours d'une pléiade de camarades, tels que : Petiet, Polonceau, Vuillemin, Thomas, Laurens, Alcan et tant d'autres, à faire accepter et surtout estimer l'intervention des Ingénieurs civils, complètement inconnus quelques années auparavant, et mérité de ce premier fait toute notre reconnaissance.

Lorsque, en 1848, un groupe d'Ingénieurs, sortis de l'École centrale, fonda la Société des Ingénieurs civils, dans le but, non seulement d'éclairer par la discussion les questions relatives au Génie civil, de concourir au développement des sciences appliquées aux grands travaux de l'industrie, mais aussi de répandre par le concours actif de ses membres, l'enseignement professionnel parmi les ouvriers et les chefs d'industrie, il fut l'un des premiers adhérents de l'œuvre et a aidé, dans une large mesure, à créer le courant de sympathie et de haute estime qu'on veut bien accorder à notre Société. Présent à Paris, il a fourni son contingent de communications et de notes on ne peut plus intéressantes sur la conservation des bois, la fabrication du coke, les explosions des chaudières, le mode d'évaluation de la force des machines et générateurs, et pris part à bien des discussions ; absent de Paris, il a alimenté nos bulletins, par ses belles publications sur les ateliers d'Hellemmes, les comptes rendus des concours de la Société Indus-

trielle du Nord, communications qui témoignaient de son désir d'aider à l'intérêt de nos Bulletins et de contribuer ainsi à la prospérité de notre Société. Il a enfin donné largement satisfaction aux clauses de nos statuts s'appliquant à la propagande scientifique en fondant toutes les institutions professionnelles dont il va être parlé et en y participant, puis en organisant, entre Ingénieurs, et en dirigeant de nombreuses conférences on ne peut plus instructives pour examiner et discuter les questions nouvelles que l'on voit, à chaque instant, surgir dans notre profession. Il a rendu ainsi de nouveaux services à notre corporation, car il l'a fait estimer et surtout aimer par les collaborateurs de toutes les classes qui l'entouraient; nous devons lui en exprimer notre gratitude, c'est de tout cœur que je m'acquitte de ce devoir.

Le sentiment de profonde tristesse que la disparition de Ferdinand Mathias provoque parmi nous démontre combien son extrême affabilité, sa grande obligeance et les services qu'il savait rendre lui avaient conquis de bonnes et sincères amitiés. Puissent l'expression de ces regrets, de notre très vive sympathie et l'honneur public de notre affection être pour Mme Mathias et sa digne famille une consolation à leur grande douleur, et puisse aussi l'exemple de cette vie si bien remplie porter bonheur à ses petits-enfants qui pourront toujours se montrer fiers, et à bien des titres, du nom de leur grand-père !

Au nom de tous, adieu, cher et excellent collègue !

CHRONIQUE

N° 129.

SOMMAIRE. — Moteurs mécaniques pour la traction sur tramways dans les villes. — Tramways en Amérique. — La chaleur centrale et le percement des tunnels. — Le chemin de fer Trans-Andin.

Moteurs mécaniques pour la traction sur tramways dans les villes. — Dans l'assemblée générale de l'Union internationale permanente des tramways à Milan en août 1889, M. F. Giesecke, ingénieur en chef de la Société de construction et d'exploitation de chemins de fer d'intérêt local, Hostmann et Cie à Hanovre, a lu un rapport sur la question des moteurs mécaniques pour la traction sur tramways dans les villes, contenant des renseignements qu'il nous parait intéressant de reproduire.

Le rapporteur fait observer en commençant qu'il lui parait d'autant plus difficile d'attribuer une supériorité quelconque à l'un ou à l'autre des types connus de locomotives de tramways, qu'à son avis aucun des types existant actuellement ne remplit complètement les conditions auxquelles devrait répondre une locomotive de tramway appelée à faire un service permanent dans des quartiers où la fréquentation est considérable.

Dans le *Zeitschrift für das Local und Strassenbahn Wesen* (1885, p. 27 et suivantes), M. Fromm, directeur des tramways de Dortmund, a donné une description détaillée des principaux types de locomotives de tramways; il a discuté d'une façon approfondie les divers inconvénients que ces types présentent, surtout au point de vue de l'exploitation; on ne peut que recommander l'étude de cet intéressant travail aux ingénieurs qui s'occupent de la question.

Le tableau ci-après donne les dimensions principales des divers types de machines de tramways au sujet desquelles il a été fait des réponses au questionnaire envoyé par l'Association aux Compagnies de tramways.

Ce questionnaire ne prévoyait malheureusement aucune indication au sujet de la surface de grille; il eût été cependant intéressant de connaître cet élément et, par suite, son rapport à la surface de chauffe.

On remarquera des variations notables dans le rapport du poids à l'effort de traction, c'est-à-dire l'adhérence. Celle-ci varie entre un maximum de $\frac{1}{12}$ et, en faisant abstraction des locomotives à eau chaude pour lesquelles cette valeur n'a pu être déterminée avec précision, un minimum de $\frac{1}{6,3}$.

NOMS	TYPE	DIAMÈTRE des CYLINDRES	COURSE DES PISTONS	DIAMÈTRE des ROUES MOTRICES	ÉCARTEMENT des ESSIEUX	SURFACE de CHAUFFE	TIMBRE de la CHAUDIÈRE	POIDS à VIDE	POIDS en SERVICE	EFFORT de TRACTION	ADHÉRENCE
Tramways de l'Est de Bruxelles. .	»	225	350	750	1.600	23,91	15	11 000	13 600	1 770	7,7
Chemins de fer à voie étroite de Bruxelles à Ixelles-Boendael. . .	»	260	360	832	1 800	18,06	12	12 000	15 000	2 370	6,3
Compagnie des tramways du département du Nord (machines sans foyer)	I II III	250 270 250	250 280 350	680 705 790	1 300 1 400 1 500	» » »	15 15 15	6 900 7 800 11 600	» » »	934 1 380 1 086	7,4 5,6 11,0
Société allemande de chemins de fer d'intérêt local.	I II III IV	200 180 180 200	300 300 300 300	640 630 600 700	1 400 1 500 1 500 1 400	17,2 12,27 12,05 17,00	12 15 15 12	7 800 » » 7 900	10 500 9 000 9 700 10 800	1 148 1 180 1 239 »	9,1 7,6 7,8 »
Société de tramways de Hambourg .	I II	140 180	300 300	600 600	1 500 1 500	9,20 12,00	15 15	7 500 9 000	9 000 11 000	735 1 215	12 9,0
Société de construction et d'exploitation de chemins de fer d'intérêt local, Hostmann et Cie.	»	225	300	750	1 400	24,20	14	11 000	13 500	1 500	9,0
Tramways de Magdebourg.	»	176	300	700	1 600	12,00	12	9 000	9 250	798	11,6
Tramways de Munich.	»	170	300	680	1 500	13,02	15	7 000	8 500	1 030	8,2
Tramways de Strasbourg	»	140-150	300	640	1 500	9,00	15	6 000	7 500	700-790	11,1

On peut admettre qu'à cause de l'état particulier de la surface supérieure des rails de tramways, l'adhérence ne doit pas devenir supérieure à $\frac{1}{9}$. Il est inutile, par conséquent, de donner à ce rapport une valeur élevée, comme c'est le cas par exemple pour les locomotives des chemins de fer à voie étroite de Bruxelles à Ixelles-Boendael.

Si les voies sont parcourues également par le charriage ordinaire et si, par conséquent, la surface de roulement des rails peut être couverte de boue, il ne faut pas songer à utiliser complètement l'effort de traction parce que le poids des locomotives, avec un coefficient élevé d'adhérence, serait insuffisant pour empêcher le patinage des roues. Pour augmenter la sécurité de l'exploitation, il est prudent de ne pas admettre une valeur supérieure à $\frac{1}{9}$ ou même $\frac{1}{10}$.

Malheureusement on ne possède pas encore actuellement de résultats d'expériences faites en vue de la détermination des coefficients de résistance à la traction des voitures sur des rails à ornières: on ne peut guère admettre qu'en alignement droit et en palier, en état d'entretien normal, cette résistance soit inférieure à 12 *kg* par tonne; il en résulte qu'un train pesant par exemple 25 000 *kg* qui doit gravir une rampe de 1 sur 25 exige un effort de

$$25 \times (12 + 40) = 1\,300\ kg,$$

ce qui nécessiterait, avec le coefficient d'adhérence indiqué plus haut,

$$9 \times 1\,300 = 11\,700\ kg.$$

L'expérience démontre qu'un poids de locomotive moindre n'est pas suffisant pour une exploitation de ce genre; on n'est pas certain, avec moins d'adhérence, de pouvoir remorquer, dans toutes les circonstances et par tous les temps, la charge qui vient d'être indiquée.

Un effort de traction trop grand par rapport au poids adhérent, c'est-à-dire conduisant à un rapport supérieur à $\frac{1}{9}$ n'a que peu ou point de valeur dans une exploitation régulière de tramways. Quelques fabriques de locomotives dépassent considérablement cette limite, principalement dans le but de pouvoir faire dans des voyages d'essai des efforts extraordinaires.

Si on recherche le poids des machines par mètre carré de surface de chauffe, on trouve des différences considérables; le maximum dépasse 1 000 *kg*; c'est la machine de Henschel à Cassel qui se trouve dans les conditions les plus avantageuses; cette locomotive (chemins de fer de la société Hostmann et C[ie]) ne pèse que 558 *kg* par mètre carré de surface de chauffe. Les machines de ce type qui circulent sur le « Frankfurter Waldbahn » consomment peu de combustible comparativement au travail qu'elles fournissent; l'utilisation des produits de la combustion est parfaite.

Dans les machines de Winterthur principalement (tramways de Strasbourg), le poids par mètre carré de surface de chauffe est beaucoup

plus élevé. Toutefois la construction spéciale des chaudières de ces locomotives permet d'utiliser le combustible très avantageusement. Des expériences faites sur ces machines par le rapporteur lui ont permis de constater que la température des gaz chauds à la sortie de la cheminée n'était plus que de 200°.

Passant à l'examen critique proprement dit des locomotives de tramways, on doit demander en premier lieu que ces machines présentent une sécurité d'exploitation aussi complète que possible, en même temps qu'un aspect agréable.

En ce qui concerne la sécurité de l'exploitation, il devrait être exigé en première ligne que, pendant la marche, le machiniste soit toujours placé à l'avant de la machine, comme c'est le cas pour les machines de Winterthur et pour les voitures à vapeur Rowan.

Toutefois, comme on ne tourne généralement pas les locomotives à chaque extrémité des lignes urbaines comme on est obligé de le faire pour les voitures Rowan, il faut que les appareils de manœuvre du régulateur, du changement de marche et des freins soient doublés et rendus facilement accessibles de chaque extrémité de la machine.

En outre, il faut que de chacun de ces emplacements le machiniste puisse observer le niveau d'eau de la chaudière ainsi que le manomètre et faire fonctionner au moins un appareil d'alimentation.

On attache trop peu d'importance à l'aspect extérieur à donner aux locomotives de tramways, malgré l'importance que ce point présente au point de vue de l'introduction de ce mode de traction.

La sécurité de l'exploitation exige en outre que la locomotive soit desservie par deux hommes, non seulement parce qu'il peut arriver par accident que l'homme unique placé sur la locomotive perde l'usage de ses membres et que par suite la machine abandonnée à elle-même devienne une cause d'accidents graves, mais encore parce que dans les rues fréquentées il arrive à chaque instant qu'un des hommes doive descendre de la machine pour aider un cocher dont les chevaux s'effrayent, pour écarter un obstacle qui se trouve sur la voie, etc. (1), de sorte qu'un second homme est absolument indispensable.

Jusqu'à présent on n'a pris pour ainsi dire aucune mesure pour mettre le personnel des machines à l'abri des intempéries et pour lui faciliter un service extraordinairement fatigant, quoique ce soient surtout les mauvais temps, les pluies battantes et les tempêtes de neige qui rendent si pénible la situation des machinistes et exposent si gravement leur santé.

Sur la plupart des locomotives de tramways existantes, qui sont ouvertes de tous les côtés, il est presque impossible aux machinistes, en cas de forte pluie ou de neige, d'avoir continuellement l'œil sur la voie, comme l'exige la sécurité de l'exploitation. L'adaptation de cloisons vitrées remédierait considérablement à cet inconvénient et aurait pour conséquence de rendre l'exploitation plus sûre.

Sous ce rapport ce sont les machines où le conducteur se tient au mi-

(1) Dans certaines villes, l'administration exige qu'à l'entrée des courbes où l'on ne peut voir qu'à une faible distance, le chauffeur descende de la machine et marche devant le train jusqu'à ce que tout obstacle à la vue ait disparu. A. M.

lieu qui présentent le moins d'abri; la situation du machiniste n'est pas tout à fait aussi désagréable sur les machines de Winterthur où la haute chaudière verticale le protège quelque peu. On doit appeler sérieusement l'attention sur la nécessité de remédier à cet état de choses.

Les locomotives de tramways sont généralement disposées en vue du chauffage au coke; il importe de prescrire la fourniture de coke exempt de soufre pour éviter l'odeur sulfureuse désagréable que dégagent souvent les produits de la combustion. Pour éviter, ou du moins pour atténuer le bruit violent que fait l'échappement de la vapeur de décharge dans la cheminée, il convient de mettre en communication le tuyau de décharge avec un réservoir aussi grand que possible d'où la vapeur ne sorte plus par bouffées, mais s'échappe d'une façon continue. Les Tramways de l'Est de Bruxelles surtout, critiquent le bruit produit par l'échappement de la vapeur. L'emploi d'un accumulateur du genre indiqué ci-dessus atténuerait considérablement cet inconvénient.

L'application du système compound aux locomotives de tramways donnerait également de bons résultats sous ce rapport et on ne peut qu'en recommander l'emploi.

Les locomotives de tramways circulant dans les rues doivent en outre être absolument munies d'un condenseur efficace. Dans les dernières années, on a attaché une valeur toujours croissante à la construction d'appareils de ce genre. Plus d'un préjugé contre l'emploi des locomotives dans les villes aurait pu être écarté si les fabriques de locomotives avaient dès le début attaché une importance plus grande à cette question. Il est irrationnel cependant de faire servir l'eau de condensation à l'alimentation de la chaudière comme cela paraît être le cas aux tramways de l'Est de Bruxelles. Les acides gras provenant des cylindres et dissous dans l'eau produisent des bouillonnements dans la chaudière et attaquent les tôles. Il faut donc que l'eau de condensation ne se mêle pas à l'eau d'alimentation et que l'on affecte à ces deux espèces d'eau des bâches spéciales.

Pour faciliter le passage dans les courbes de faible rayon qui se rencontrent fréquemment dans les villes, il pourrait être utile d'employer un dispositif bien étudié permettant de graisser les boudins des roues. Il importe cependant de ne s'en servir que fort prudemment et de veiller à ce que l'action des freins ne soit pas affaiblie par la graisse qui s'introduirait facilement entre les bandages et les sabots.

Il resterait peut-être à dire quelques mots de la voiture à vapeur Rowan. Le système Rowan est le seul qui se soit fait admettre pour l'exploitation des tramways et le rapporteur croit que, dans certaines conditions, on doit lui donner la préférence sur les locomotives isolées (remorqueurs). La grande surface du condenseur qui s'applique avec tant de facilité permet de marcher sans aucun dégagement apparent de vapeur, et c'est là un avantage réel dans les rues étroites (1).

La valeur pratique de ces voitures est diversement appréciée: dans

(1) On sait que depuis le 1er octobre, la Compagnie générale des Omnibus fait faire par des voitures Rowan, la traction sur une partie de la ligne des boulevards extérieurs entre la place Pigalle et le Trocadéro. Elle avait employé ces mêmes voitures pendant l'Exposition de 1889, à faire un service entre le Trocadéro et la station du même nom du chemin de fer de ceinture. A. M.

certaines exploitations, on les considère comme ayant donné les résultats les plus favorables possibles tandis qu'ailleurs on s'en est mal trouvé. Dans tous les cas, on peut prétendre que les résultats atteints dépendent en grande partie de la façon dont on les a fait travailler. Il est certain que l'entretien et le nettoyage de ces voitures exigent encore plus de soins que ceux des locomotives remorqueuses parce que le mécanisme est plus ramassé et que les dimensions des divers organes sont plus faibles. Si l'on exige de ces machines un travail disproportionné à leur construction, elles ne tarderont pas à être mises hors de service, tandis que, bien conduites et entretenues, elles donnent de bons résultats. L'obligation de tourner la voiture Rowan à chaque extrémité de la ligne sera souvent un obstacle à l'introduction de ce système.

Tout en convenant volontiers que le système sans foyer de Lamm et Francq et la machine à soude de Honigmann présentent dans certains cas des avantages qui sautent aux yeux, l'auteur croit devoir faire à leur emploi quelques objections. Le renouvellement de la force motrice ne peut se faire en cours de route ; la machine doit aller se recharger dans une installation fixe. C'est là un inconvénient réel. On doit toujours s'attendre à ce que dans un moment donné la locomotive soit appelée à faire un travail extraordinaire de beaucoup supérieur au travail normal; sous ce rapport, les locomotives à eau chaude sont dans une situation d'infériorité incontestable.

Maint inconvénient sérieux et indéniable que présente encore l'exploitation à vapeur dans les villes pourra être évité avec succès si les administrations qui emploient des locomotives ou des voitures à vapeur veillent d'abord attentivement à l'entretien rationnel et à la surveillance de ces moteurs et si ensuite elles échangent fréquemment entre elles les résultats de leur expérience et se communiquent les perfectionnements qu'elles ont eu l'occasion d'appliquer.

Le rapporteur a la conviction que l'électricité seule est appelée à triompher définitivement dans la lutte engagée entre la traction animale et la traction mécanique ; la vapeur devra succomber à cause du prix de revient là où il ne s'agit pas du transport de grandes masses.

D'après des renseignements récents provenant d'Angleterre et d'Amérique, le transport de force électrique, tant par courant continu que par courant alternatif, a donné, paraît-il, des résultats tellement favorables que le passage si souvent désiré de l'exploitation par chevaux à la traction mécanique pourrait être considéré comme pouvant être réalisé dans un avenir prochain, de sorte que, si ces espérances se confirment, la locomotive aussi bien que le cheval devraient bientôt céder la place à l'électricité.

Dans la discussion qui a suivi le rapport de M. Giesecke, celui-ci a insisté sur les difficultés que l'on a créées dans les derniers temps aux tramways à traction mécanique, alors que, dans le début, les autorités s'étaient en général montrées bienveillantes à leur égard, et que bien des choses qui sont interdites aujourd'hui étaient tolérées. Cette situation provient de ce que, grâce au peu d'expérience qu'on avait à l'origine, il se produisait des accidents et des interruptions de service de toute es-

pèce dont les autorités se prévalurent pour réglementer sévèrement les exploitations avec traction à vapeur.

Ce fut une faute, par exemple, que de vouloir arrêter des trains d'une certaine longueur avec le frein de la locomotive seul. Cette disposition occasionna des accidents que l'on aurait pu éviter en adoptant un système convenable de freins.

D'un autre côté, certains détails de construction des locomotives étaient mal compris, parce que ni les constructeurs, ni les directions des sociétés exploitantes n'avaient pu se rendre compte des exigences particulières de la traction des tramways ; ensuite, la résistance à la traction sur rails à gorge étant mal conçue, on attelait à la locomotive plus de voitures qu'elle ne pouvait en remorquer. Les irrégularités dans le service occasionnées par toutes ces causes devaient nécessairement jeter sur toute l'exploitation par la vapeur un discrédit extrêmement défavorable à son développement.

Répondant à une observation d'un membre qui déclare ne pas partager l'opinion du rapporteur relativement à la nécessité d'avoir toujours deux hommes sur la machine, la présence d'un seul agent expérimenté étant suffisante pour la sécurité générale, surtout sur les lignes à faible trafic, M. Giesecke dit qu'il ne peut absolument admettre qu'un seul homme puisse conduire des locomotives de tramways dans des conditions suffisantes de sécurité. Son expérience lui a démontré qu'il arrive fréquemment qu'un homme doit quitter la machine parce qu'il y a un obstacle sur la voie ou que des chevaux s'effrayent à l'approche de la locomotive ; il se peut encore que, par suite d'une circonstance quelconque, le machiniste soit mis hors d'état de faire son service; dans ce cas, ou bien le train doit s'arrêter, ou bien, ce qui est plus grave encore, la locomotive abandonnée à elle-même peut occasionner des accidents terribles. En Allemagne, la présence de deux hommes est implicitement prescrite par la loi sur les responsabilités. Lorsqu'un accident se produit parce que le seul agent placé sur la locomotive devient subitement incapable de faire son service, l'exploitant est toujours responsable des suites ; si, au contraire, les deux agents attachés à la conduite de la machine sont à la fois mis dans l'impossibilité de travailler, la loi considère ce cas comme étant de force majeure et la responsabilité de la Société est à couvert.

A l'appui de cette opinion, un membre cite un cas qui s'est présenté dans son service, où un machiniste s'est coupé un doigt par suite d'une fausse manœuvre et s'est évanoui à la suite de cette blessure ; un accident grave aurait pu se produire si le chauffeur n'eût été là pour conduire et arrêter la machine; d'ailleurs, en Allemagne, la présence de deux hommes sur la machine est prescrite par les règlements de police.

M. Thonet, directeur de l'exploitation des « Ferrovie del Ticino », constate que, pour ce qui concerne l'Italie, la commission d'enquête instituée par le gouvernement laisse ouverte la question de la présence de deux hommes sur la machine ; elle ne s'est pas prononcée dans le sens de l'obligation et admet qu'il suffit que la machine soit desservie par un seul homme, lorsque le conducteur ou le chef de train peut avoir accès à la locomotive et remplacer le machiniste en cas d'accident.

Cette disposition des règlements n'est pas du reste spéciale à l'Italie ; en Belgique, par exemple, le chemin de fer du Nord-Belge fait conduire les locomotives de ses trains-tramways par un seul machiniste, mais le chef de train peut facilement passer sur la locomotive. Il en est de même sur les tramways de Mulhouse et de Strasbourg. Il est évident que, dans ce cas, la présence d'un second homme sur la machine est absolument inutile. Au surplus, la question est mise à l'ordre du jour de l'Association italienne des Tramways à vapeur.

Les tramways en Amérique. — Le onzième recensement des tramways donne, pour la fin de 1889, les longueurs suivantes de lignes pour les plus grandes villes des États-Unis :

Philadelphie, 456 *km*; Boston, 338; Chicago, 298; New-York, 285, et Brooklyn, 264. Dans ces longueurs ne sont pas comprises les doubles voies.

Si on considère ces lignes au point de vue du mode de traction, on trouve qu'à Philadelphie 420 *km* sont exploités avec des chevaux et les 35 *km* restant, avec des câbles. A Boston, il y a 243 *km* à chevaux et 95 à traction électrique; à Chicago, 258 à chevaux et le reste à câbles ; à New-York, 214 à chevaux, 11 à câbles et le reste à locomotives à vapeur; enfin, à Brooklyn, 214 à chevaux, 10 à traction électrique et 40 *km* de lignes aériennes à locomotives.

Il y avait, en somme, au 31 décembre 1889, 807 lignes de tramways aux États-Unis, représentant une longueur totale de 5 073 *km* et sur lesquelles la traction se répartit de la manière suivante :

Traction par chevaux.		3 785	*km*,	soit	74,62	0/0
— électrique.		420	—	—	8,21	—
— par câbles.		412	—	—	8,12	—
— par locomotives	aérien.	100	—	—	1,96	—
	surface	356	—	—	7,04	—
Total.		5 073	—	—	100,00	—

On voit que la traction électrique occupe déjà un rang très important, elle vient en premier lieu après la traction animale et avant les lignes funiculaires; il y a là un fait très significatif qui semble confirmer les appréciations contenues dans l'article précédent relativement à l'avenir de l'électricité pour cette application.

La chaleur centrale et le percement des grands tunnels. — Notre collègue, M. J. Meyer, Ingénieur en chef de la Compagnie des chemins de fer Jura-Simplon, vient de publier, dans le Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles, un Mémoire des plus intéressants sur « la chaleur centrale dans l'intérieur des massifs, et les difficultés qu'elle occasionne pour les grands percements alpins, et les moyens d'atténuer ces difficultés ».

Après avoir rappelé les diverses théories émises sur la chaleur intérieure, et cité les travaux relatifs à la matière et les observations qui ont servi à éclairer la question, M. Meyer examine en détail les moyens

que l'on a d'atténuer les inconvénients des températures élevées que l'on doit s'attendre à rencontrer dans l'intérieur des massifs alpins et dont les nombreux inconvénients se traduisent par une diminution considérable du travail produit par les ouvriers, d'où une augmentation correspondante des prix de revient.

Cette question a fait l'objet d'études très consciencieuses lors de l'expertise ordonnée par les cantons de la Suisse romande et la Compagnie Suisse Occidentale-Simplon, en 1886, sur les projets de percement du Simplon, expertise confiée à MM. E. Polonceau, Doppler, W. Huber et le colonel Dumur. Ce dernier a surtout fourni une étude des plus complètes sur ce point.

Il faut, en tout premier lieu, organiser les travaux tout différemment de ce qu'ils l'ont été au tunnel du Gothard et éviter que les chantiers soient disséminés sur une trop grande longueur (plus de 3 *km*), ce qui rend la ventilation beaucoup plus difficile et plus difficiles aussi les mesures hygiéniques de propreté et l'application des mesures réfrigérantes dont nous allons parler.

Il faut adopter un système de construction comme celui qui a été suivi au tunnel de l'Arlberg, et concentrer tous les chantiers, de chaque côté, sur une longueur de 500 *m* au plus du front d'attaque. Là on trouvait, à cette distance, le tunnel entièrement terminé et revêtu en maçonnerie, et aucun obstacle ne s'opposait à la libre circulation de l'air. Mais cela n'est possible qu'en rompant avec le système de la galerie d'avancement au faîte et en perçant celle-ci à la base. De cette première galerie, on en établit une seconde au sommet, au moyen de cheminées verticales.

Il faut surtout une ventilation surabondante, rendue plus facile par cette disposition du chantier, mais qui exige aussi une force motrice considérable. Heureusement qu'au Simplon, des deux côtés, les cours d'eau permettent d'obtenir des forces motrices abondantes, ce qui n'a pas été le cas au tunnel du Gothard. Cela se traduit par une augmentation de dépenses pour les installations mécaniques, aussi a-t-on prévu pour cet objet à peu près le double de la dépense qui a été faite au Gothard; mais cette augmentation sera plus que compensée par les facilités qu'on procurera aux travaux et par l'abaissement de leur prix de revient.

Nous verrons plus loin que cette ventilation peut être utilisée comme un moyen réfrigérant.

Il faut distribuer dans les chantiers de l'eau pure à l'usage des ouvriers. Il faut prendre des mesures pour éloigner les déjections humaines et éviter qu'elles contaminent l'air et l'eau, en disposant des fosses mobiles que l'on déplace au fur et à mesure de l'avancement des travaux et que l'on change fréquemment.

Il faut un service médical très soigné, qui comprend l'hygiène et la propreté des habitations, les bains, etc.

Les divers moyens proposés jusqu'ici pour rafraichir les chantiers profonds ont fait l'objet d'une étude approfondie de la commission d'expertise dont il a été parlé plus haut. Cette étude est plus particulièrement due à M. le colonel Dumur. Il examine dans ce travail successivement :

1° *Refroidissement par la ventilation à pression normale.* — Il se fonde sur le fait constaté au Gothard que la température, non seulement de l'air dans l'intérieur du tunnel, mais même celle de la roche, s'est notablement abaissée depuis l'ouverture, c'est-à-dire depuis que le courant d'air produit une ventilation énergique. Mais il arrive à cette conclusion que la ventilation, bien que largement distribuée, ne pourra pas, à elle seule, permettre d'abaisser la température suffisamment; toutefois, cette ventilation, nécessaire à bien d'autres égards, améliorera déjà considérablement la situation au point de vue de la chaleur.

2° *Refroidissement par projection d'eau pulvérisée et rafraîchie.* — Il y a sans doute quelque inconvénient à introduire encore de l'eau dans un tunnel où l'on cherche, au contraire, à s'en débarrasser; mais lorsqu'il ne s'agit que de petites quantités, cet inconvénient n'est pas sensible; ainsi, au tunnel de l'Arlberg, on n'a pas du tout été incommodé par les 7 *l* d'eau que débitaient par seconde les perforatrices Brandt; on a, au contraire, remarqué que cette eau projetée et pulvérisée produisait un effet rafraîchissant et fixait les poussières et les produits de l'explosion des mines.

On introduirait dans le tunnel de l'eau maintenue à la plus basse température possible, au moyen d'enveloppes non conductrices des tuyaux. M. Dumur suppose que cette eau serait à 15° et qu'elle serait projetée et pulvérisée sous une pression de 15 atmosphères. Nous comptons, d'après les expériences faites au Gothard, que 1 m^2 de paroi de tunnel abandonne à l'air 1/100 de calorie par minute pour chaque degré de différence de température des deux milieux. La quantité de chaleur qu'abandonneraient les parois des deux galeries de base et de faite sur 1 *km* de développement maximum pris par les chantiers de construction (500 *m* de chaque côté) serait par minute (en supposant que l'on maintienne la température du milieu ambiant à 10° en moyenne au-dessous de la température correspondante de la roche) :

Galerie de base : 1 000 *m* à 10 m^2 de superficie, à 0,01 calorie pour chaque degré de différence de température = 100 calories pour 10° d'abaissement. . , ... = 1 000 cal.

Galerie haute : 1 000 × 8,60 m^2 × 0,01 cal. × 10° . . = 860

Soit un total de . . . . . , ... 1 860 cal.

ou, en nombre rond, 2 000 calories.

Si l'on suppose maintenant de l'eau projetée à 10 atmosphères et à une température de 15°, pour que l'eau parvienne à enlever à l'air une quantité de chaleur proportionnelle à sa propre augmentation de température jusqu'à 20° seulement, on trouve qu'il faudrait injecter, par minute, une masse d'eau telle que $x\ l \times 5° = 2\,000$ calories, d'où $x = 200\ l$ par minute ou 3,5 *l* par seconde. Cette petite quantité d'eau ne donnera lieu à aucun inconvénient. Pour cette projection d'eau, il faudra une conduite de 0,10 *m* de diamètre; le travail à effectuer sera de 2 000 kilogrammètres, nécessitant une machine de 30 chevaux.

On a observé récemment au puits de l'Éparre, à Saint-Etienne, que la pulvérisation de 10 *l* d'eau par minute dans une galerie de mine avait abaissé la température de 3°.

Tout récemment, M. Raoul Pictet a proposé à M. Meyer d'introduire dans le tunnel et de projeter de l'eau à 0°, ce qui serait bien autrement efficace comme réfrigération.

3° *Refroidissement par la fusion de la glace.* — Ce mode de refroidissement est d'autant plus indiqué que la glace, au moment de la fusion, absorbe l'humidité de l'air et a pour effet de le dessécher, au lieu de le saturer davantage, pourvu que les mesures soient prises pour écouler aussi rapidement que possible l'eau provenant de la fusion. Ce dernier point se trouve réalisé par le système de construction avec galerie d'avancement à la base, l'aqueduc d'écoulement suivant de près l'avancement de la galerie.

Un kilogramme de glace exigeant 79 calories pour sa fusion, on voit que, dans les mêmes hypothèses que celles énoncées ci-dessus pour le rafraichissement par l'eau pulvérisée, il faudrait introduire dans le tunnel $\frac{2\,000}{79} = 35$ *kg* de glace par minute, pour abaisser de 10° la température des chantiers sur 1 *km* de galerie de base et de faite. Cette quantité représente une masse journalière de 40 m^3 de glace et ne fournirait qu'un débit de 0,50 *l* d'eau par seconde dans le tunnel, ce qui est insignifiant.

4° *Refroidissement par l'expansion de l'air comprimé.* — 3 m^3 d'air comprimé à 4 1/2 atmosphères fournissaient au Gothard, par leur expansion, un refroidissement équivalent à 78 calories, d'après les constatations faites par M. de Stockalper.

Pour faire équilibre aux 2 000 calories abandonnées par la roche en une minute dans les deux galeries de base et de faite sur une longueur moyenne de 1 *km* (500 *m* de chaque côté), en les supposant rafraichies de 10°, il faudrait par conséquent y introduire $\frac{2\,000}{78} = 25$ fois plus d'air que ci-dessus, soit 75 m^3 d'air comprimé (à l'origine à 5 atmosphères) par minute.

Un refroidissement complet des chantiers exigerait une force de 5 000 chevaux de chaque côté du tunnel.

Si l'on admet, toutefois, qu'à partir des températures au-dessus de 30°, l'on interrompe tous les travaux, sauf ceux de deux galeries d'avancement, on pourra se borner à ne rafraichir complètement que ces chantiers d'avancement seulement. Il suffirait alors d'introduire dans chacun de ces chantiers 15 m^3 d'air à 5 atmosphères ou 10 à 8 atmosphères, pour y maintenir une température d'une dizaine de degrés inférieure à celle de la roche, mais qui remonterait à cette dernière à 250 *m* environ en arrière des fronts de taille.

L'introduction de cette masse d'air exigerait 20 compresseurs et une force de 2 000 chevaux à chaque tête de tunnel.

Les dépenses exigées par les divers moyens de rafraichissement dont nous venons de parler pourraient être établies comme suit :

1° Ventilation à pression normale.

4 ventilateurs Guibal. . . . . *f*	200 000
Diaphragmes	200 000
Bâtiment, galeries supplémentaires, etc.	100 000
Total. . . . . *f*	500 000

pour chaque côté du tunnel.

Plus la force motrice nécessaire de 400 chevaux de chaque côté du tunnel.

2° Aspersion d'eau pulvérisée et rafraîchie.

Si l'on suppose que l'on utilise directement la pression d'une chute d'eau, *ce qui est possible des deux côtés du tunnel*, les travaux se réduiraient à l'installation d'une simple conduite de 0,10 *m* de diamètre et la dépense pour chaque côté du tunnel serait de :

Captation d'eau . . . . *f*	15 000
10 000 *m* de conduite de 0,10, y compris l'enveloppe non conductrice, à 20 *f* le mètre courant.	200 000
Réseau dans les chantiers et pulvérisateurs	40 000
Total pour un côté du tunnel. . . . . *f*	255 000

Plus la force motrice détournée qui serait de 30 chevaux de chaque côté. Mais, vu l'abondance des forces motrices qu'on peut évaluer à 4 000 ou 5 000 chevaux de chaque côté, il n'y a pas à se préoccuper de ce détournement, ce qui reste de force étant plus que suffisant pour les autres usages auxquels on peut l'affecter.

3° Rafraîchissement par la fusion de la glace.

Quantité journalière à introduire à chaque tête . . . . m^3	40
Prix du mètre cube à la tête. . . . . *f*	15
Transport et manipulation.	10
Total. . . . . *f*	25

soit, pour 40 m^3 par jour, 1 000 *f*.

En admettant que la durée du percement des deux derniers kilomètres (tunnel de 16 *km*, projet de 1886) de chaque côté soit de . . 450 jours, que le temps pour terminer ultérieurement soit de . . . . 200 —

Ensemble. . . . . 650 jours,

la dépense de chaque côté serait de 650 000 *f*, soit, pour l'ensemble, de 1 300 000 *f*.

Les experts ont fixé ce prix de 15 *f* par mètre cube de glace, il est très élevé, attendu que, avec la machine de Raoul Pictet, on peut fabriquer de la glace à 7 *f* le mètre cube, y compris l'intérêt et l'amortissement des machines, moteurs et dépenses d'installation.

4° Rafraîchissement par l'expansion de l'air comprimé.

Ce moyen exigerait, dès que l'on aborderait les températures intérieures élevées et supérieures à 30°, la suspension des travaux autres que ceux des galeries d'avancement. Il demande 20 compresseurs et une force motrice de 2 000 chevaux pour la compression uniquement.

Mais comme l'air comprimé serait utilisé aussi pour la perforation mécanique et que les installations ci-dessus n'atteignent pas le double de celles exécutées à l'Arlberg, côté est, tandis que, dans le devis du Simplon, M. Meyer a prévu, pour ces installations, une somme de plus du double de celles réellement dépensées à l'Arlberg, il n'y a pas lieu de prévoir des dépenses supplémentaires de ce fait.

La durée de la construction serait toutefois augmentée du fait de la suspension des travaux d'élargissement et de revêtement jusqu'après la rencontre des galeries. Ce retard peut être évalué à quinze mois (pour le tunnel de 16 *km*, projet de 1886).

En résumé, sur cette question des difficultés que l'on pourra rencontrer dans le tunnel du fait de la haute température, la commission d'expertise pense avoir établi qu'il est possible de les vaincre par l'un des divers procédés indiqués et même par l'emploi simultané de deux de ces procédés.

Les difficultés qui se sont produites au Gothard de ce chef seront considérablement atténuées, comme on l'a vu plus haut, par une bonne organisation des chantiers, par une ventilation surabondante, ce pour quoi on a à disposition les forces motrices nécessaires et ont été prévues dans les devis les installations suffisantes par une somme de 7 1/2 millions, c'est-à-dire plus du double de ce qui a été dépensé à l'Arlberg et près du double de ce qui a été employé au Gothard.

Les dépenses supplémentaires à faire pour ramener la température des chantiers à des conditions absolument normales et éventuellement la prolongation de la durée des travaux pour atteindre ce but, peuvent parfaitement s'évaluer à l'avance.

Il est probable même que la nouvelle idée que vient d'émettre M. Raoul Pictet, d'introduire par aspersion de l'eau pulvérisée sous pression à la température de 0° permettra d'atteindre ce but plus complètement et à moins de frais.

M. Meyer pense aussi que si, à l'amélioration de la ventilation, à la distribution d'eau pure et fraiche sur les chantiers, on ajoute qu'on pourra réduire considérablement l'usage de la lampe de mineur, la chaleur qu'elle développe et les gaz irrespirables qu'elle produit en la remplaçant par l'éclairage électrique; si l'on supprime l'emploi des animaux de trait pour les transports, animaux qui développent beaucoup de chaleur et d'humidité et qu'on les remplace par des locomotives sans fumée ou à air comprimé ou mieux encore qu'on organise aussi les transports par l'électricité, ce que les progrès réalisés dans ce sens permettent d'espérer sans témérité, on aura considérablement amélioré la situation au point de vue des inconvénients que présente la température élevée de la roche. Ainsi, sachant qu'on a sous la main et sans dépenses excessives les moyens d'abaisser cette température, on ne doit pas avoir trop de craintes d'aborder le percement du Simplon, malgré les quelques degrés dont elle dépasse celle qu'on a rencontrée au Gothard.

Chemin de fer Trans-Andin. — Il est probable que l'année 1892 verra l'achèvement et l'ouverture à l'exploitation du chemin de fer Trans-Andin qui reliera l'Atlantique à l'océan Pacifique, à travers le

continent de l'Amérique méridionale. Il y a dix-neuf ans que cette ligne est commencée. Elle va de Buenos-Ayres à Valparaiso et franchit une distance totale de 1 402 *km*.

Actuellement, il y a 1 030 *km* en exploitation du côté de Buenos-Ayres et 132 seulement du côté de Valparaiso, ce qui s'explique par la proximité de la chaine des Andes de l'océan Pacifique. Sur les 240 *km* non encore livrés à l'exploitation, le tiers est à peu près achevé et la voie posée.

La traversée des Andes s'opère au col de Cambre, qui est à 3 787 *m* au-dessus du niveau de la mer. Mais le chemin de fer ne s'élève pas à cette altitude, il traverse le faite à 3 180 *m* par un tunnel de 4 800 *m* de longueur. C'est une des altitudes les plus élevées qui auront été atteintes par des chemins de fer.

Il a fallu nécessairement recourir à l'emploi de très fortes rampes sur cette partie, l'inclinaison s'élève sur une grande longueur à 80 pour 1 000 et on y établit une crémaillère du système Abt.

Une circonstance fâcheuse et qui dépare considérablement ce grand travail est la diversité des écartements qu'on rencontre sur les différentes sections construites successivement par plusieurs Compagnies, à une époque où on n'avait aucune intention de raccorder ces lignes. Ainsi, les 1 030 *km* de Buenos-Ayres à Mendoza sont à l'écartement de 1,675; les 132 *km* de Valparaiso à Santa Rosa à celui de 1,440, et la partie entre Mendoza et Santa Rosa est à la voie de 1 *m*. Cette variété d'écartement nécessitant des transbordements sera une grande gêne pour l'exploitation et il est probable qu'on sera promptement amené à y remédier en uniformisant l'écartement d'un bout à l'autre de la ligne.

COMPTES RENDUS

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Juin 1890

Note sur les **Travaux d'exhaussement du chemin de fer de ceinture de Paris** entre le tunnel de Charonne et la rue de Charenton pour la suppression des passages à niveau, par M. L. Étienne, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Les passages à niveau établis à l'origine sur le chemin de fer de ceinture de Paris n'ont pas tardé à présenter de sérieux inconvénients et on a dû se préoccuper d'arriver à leur suppression.

Dans la présente note il n'est question que de la partie située entre le tunnel de Charonne et la rue de Charenton où la voie a été exhaussée de manière à passer au-dessus des rues et avenues, tandis que dans la partie située entre l'avenue de Clichy et le boulevard Ornano on a abaissé la voie ferrée pour la faire passer au-dessous des voies publiques.

La suppression des passages à niveau dans la partie qui fait l'objet de cette note a, pour uu parcours de 1 600 *m*, nécessité l'exhaussement de la plate-forme sur une longueur de 3 520 *m* comprise entre le tunnel de Charonne et la rue de Charenton, et cet exhaussement a atteint à son maximum la hauteur de 5,37 *m*. Les déclivités qu'il a fallu introduire ont été de 8,4 *mm* au maximum.

Les terrassements n'ont atteint qu'un cube assez faible, 300 000 *m*, dont le tiers a été absorbé par la gare aux marchandises de Charonne; mais les ouvrages d'art ont été importants. La plupart sont des ponts ou viaducs à travées métalliques dont la longueur cumulée atteint 398 *m*.

Le viaduc de l'avenue Daumesnil de 42 *m* de longueur a dû être relevé de 2,64 *m*; pendant l'opération du rehaussement on a fait opérer la circulation des trains sur un viaduc provisoire établi à côté.

Sur l'avenue de Saint-Mandé a été fait un viaduc à trois travées, et sur l'avenue de Vincennes, pour ne pas détruire la perspective, on a réduit à 0,62 *m* la hauteur des poutres en multipliant les points d'appui; le tablier métallique repose ainsi sur six files de colonnes.

Il a fallu agrandir la gare de Charonne et reconstruire les stations de Belleville et de l'avenue de Vincennes. Les travaux de relèvement ont présenté de grandes difficultés par la sujétion de ne pas interrompre la circulation.

Le principe consistait à assurer la circulation sur une voie, tandis qu'on enlevait l'autre, en élargissant la plate-forme et en installant une voie provisoire à une distance suffisante pour qu'on pût établir un talus

ou un mur de soutènement provisoire correspondant au relèvement projeté.

On relevait alors la plate-forme dans cette partie et, la voie établie, on y reportait le passage des trains pour relever ensuite de la même manière la partie correspondante à l'autre voie.

Les travaux exécutés à frais communs par l'État, la Ville de Paris et le Syndicat de Ceinture, ont coûté environ 8 millions, soit 2 285 000 *f* par kilomètre. Sur cette somme, 750 000 *f* peuvent être considérés comme représentant les dépenses résultant de la construction d'ouvrages provisoires ou faites en vue d'une utilité purement temporaire et nécessitées exclusivement par le maintien de l'exploitation.

Sur le **Débit des puits dans les terrains perméables,** par M. Fossa-Mancini, ingénieur.

Il peut être utile d'avoir des données sur la quantité d'eau qu'on peut tirer d'un certain terrain au moyen d'un puits, mais ce qu'on possède à ce sujet est très incomplet.

Dupuit a proposé une formule dans laquelle entre le rayon du massif filtrant, mais il n'a indiqué aucune règle pour la détermination de ce rayon. M. Thévenet a proposé aussi une formule qu'il a vérifiée par des expériences faites dans des conditions qui ne se rencontrent pas ordinairement dans la nature, de sorte que les lois ainsi trouvées relativement au débit des puits ne peuvent pas être acceptées comme générales.

L'auteur a cherché à obtenir des formules qui conservent la même simplicité que celle de Dupuit, mais qui se fondent sur une hypothèse plus conforme à la réalité et ne laissent rien d'indéterminé. Il nous est impossible d'entrer dans plus de détails à ce sujet et nous renverrons à la note de l'auteur qui a paru pour la première fois dans l'*Ingegnieria civile* de Turin, ceux de nos collègues que la question pourrait intéresser.

Note sur un **Appareil pour la mesure des déformations élastiques,** par M. L. Le Chatelier, ingénieur des Ponts et Chaussées.

Cet appareil, étudié par l'auteur de la note et construit par notre collègue M. Digeon, a pour objet de constater la variation de longueur d'une pièce entre deux repères sous l'action d'un effort exercé sur la pièce. Cette variation étant excessivement faible, il est nécessaire de l'amplifier et dans l'appareil dont il s'agit, l'amplification s'opère par la mise en relation d'un piston de grand diamètre avec un tube de très petite section. Un déplacement très minime du premier agissant sur de l'eau amène un mouvement très étendu du liquide dans le tube ; le piston est ici une membrane métallique plissée, analogue à celle des baromètres anéroïdes.

On s'est servi de cet appareil pour constater les conditions de travail de plusieurs ponts.

Bulletin des **Accidents arrivés dans l'emploi des appa-**

reils à vapeur pendant l'année 1888. Ce Bulletin a déjà paru dans les *Annales des Mines* (voir comptes rendus de Mai 1890, page 666).

Note sur l'**Éclairage électrique de l'usine élévatoire des Ponts-de-Cé**, par M. Maréchal, ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'usine des Ponts-de-Cé, qui alimente d'eau la ville d'Angers étant éclairée au pétrole, on désirait y employer l'éclairage électrique. Pour deux lampes à arc et quinze lampes à incandescence exigeant en tout trente ampères et soixante-cinq volts, il fallait quatre chevaux environ. On aurait pu prendre la force sur les machines élévatoires ou installer un moteur à vapeur spécial alimenté par les grandes chaudières, mais pour des considérations qui ont déjà été exposées à l'occasion de l'éclairage électrique du Grand-Théâtre de Genève, chroniques de Mars et Avril 1888, on a préféré prendre la force nécessaire sur la conduite ascensionnelle où la charge est de 50 *m* d'eau au moyen d'une turbine. Cette turbine a 0,22 *m* de diamètre et actionne directement la dynamo. L'installation n'a coûté que 2 900 *f*. La dépense annuelle peut être évaluée à 250 *f* et on obtient un éclairage équivalent à 80 carcels, tandis qu'avec le pétrole on dépensait 500 *f* pour une lumière de cinq carcels. L'économie réalisée permettra d'amortir en neuf ans la dépense d'établissement.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

District du Centre

Séance tenue à Montluçon, le 10 novembre 1889.

Communication de M. Mesuré sur une **Lunette pyrométrique**.

Cette lunette pyrométrique est en usage aux Usines de Saint-Jacques pour la détermination des températures. Le principe est la mesure de l'angle de la rotation imprimée au plan de polarisation par une lame de quartz perpendiculaire à l'axe. Avec une lame de 11 *mm* d'épaisseur, le rouge cerise naissant, soit 800°, correspond à 33° de la lunette et le blanc éblouissant, soit 1 500° à 69°; l'observation de la lumière solaire donne un angle de 84°. Il y a quelques précautions à prendre pour éviter les causes d'erreur, provenant notamment de la lumière réfléchie.

Communication de M. Nicolas, sur la **Coulée d'une chabotte de 120 tonnes.**

Cette chabotte coulée aux usines de Saint-Jacques en octobre 1888 a pour base un cercle de 4 *m* de diamètre; à la partie supérieure le diamètre est de 3 *m*. Elle a été coulée au moyen de trois fours Siemens, d'un four à reverbère et de deux cubilots. La fonte a été conduite de ces appareils au moule par des chenaux dont les plus longs avaient 40

50 *m* de longueur. Une première coulée de 95 *t* a été opérée en 25 minutes sans interruption et le complément a été fourni en trois heures par les deux cubilots.

Le moule établi sur une couche de béton de 70 *cm* était formé de plaques de fonte solidement boulonnées et garnies intérieurement en sable et briques réfractaires. La chabotte a été coulée la grande base en haut; quinze jours après la coulée elle était encore au rouge sombre; le démoulage complet n'a pu avoir lieu qu'au bout de cinq semaines.

Communication de M. Cordier, sur un **Calage pour pont à bascule de voie ferrée.**

Le pont à bascule, dont il s'agit, est installé à la Manufacture des glaces de Montluçon. Cet appareil étant placé sur une voie où circulent des locomotives, il était nécessaire d'avoir un calage très solide et ne produisant pas de dénivellation dans la voie. On y est arrivé par l'emploi de cales en fonte montées sur chariots et actionnées par des crémaillères dont un dessin annexé montre la disposition.

Monte-charges à vapeur des houillères de Commentry, communication de M. Caillot.

Ces monte-charges servent à l'élévation des charbons dans les manutentions qu'on leur fait subir à l'extérieur. Chaque appareil comprend un cylindre à vapeur vertical dont la tige du piston actionne par une crémaillère un tambour sur lequel s'enroulent en sens contraire deux câbles en fil de fer. Ces câbles passent sur des poulies de renvoi et sont amarrés aux cages. Le cylindre a 0,45 *m* de diamètre et 1,90 *m* de course; le rayon du pignon étant de 0,18 *m* et celui du tambour de 1,02 *m* la course des cages est de 10,80 *m;* le poids de la charge utile élévé est de 400 *kg*,

Il y a un autre monte-charges pour wagon de 20 *hl* élevant 3,000 *kg* à 11,50 *m* avec un cylindre de 0,60 *m* de diamètre et 1,90 *m* de course.

Les tiroirs qui admettent la vapeur sont manœuvrés à la main et les lumières, de section assez faible pour que les cages ne puissent prendre une vitesse exagérée, ont une forme triangulaire qui permet une ouverture lente et progressive. Ces appareils, fonctionnant sans détente, consomment beaucoup de vapeur; mais ils rachètent cet inconvénient par une grande simplicité.

Réunions de Saint-Etienne

Séance du 7 juin 1890.

Communication de M. Rateau sur les **Dynamomètres de transmission.**

L'auteur range les dynamomètres de transmission en quatre classes : 1° les dynamomètres à ressorts, 2° les dynamomètres à torsion, 3° les dynamomètres à liquides et 4° les balances dynamométriques.

Si on examine les conditions que doit remplir un bon dynamomètre,

on est amené à admettre la supériorité du dynamomètre à ressorts qui n'a contre lui que les difficultés du procédé de lecture de la flexion. On peut tourner cette difficulté par l'emploi de dispositions optiques.

Une de ces dispositions a été proposée par M. Curie. Le principe repose dans l'emploi d'un arbre intermédiaire creux dont les extrémités sont formées par des lames de quartz. La torsion de cet arbre est appréciée par le déplacement angulaire du plan de polarisation du rayon lumineux. Cette solution entraine l'emploi d'un arbre intermédiaire ; de plus, la lecture ne peut pas se faire instantanément.

M. Mascart a proposé de faire lire les indications de flexion du ressort par un système d'éclairage instantané qui permet de faire apparaître les divisions pendant un temps très court, ou par un système optique mobile qui donne une image fixe pendant une fraction notable de période de révolution. On réalise cette seconde disposition par l'emploi d'une lentille ou d'une double réflexion à angle droit sur des miroirs parallèles. On peut compléter cet arrangement par un enregistrement photographique.

M. Rateau propose une disposition plus sensible qui consiste à employer un miroir tournant qui renvoie sur une image divisée une image mobile. On peut apprécier la position moyenne de cette image à 5 % près, ce qui correspond à une approximation de 1 0/0 dans le moment moteur.

Communication de M. Chanssselle sur la **Pile-bloc à liquide immobilisé, système Germain.**

L'élément principal de cette pile est la cellulose extraite de la noix de coco que les Anglais désignent par le nom de *Cofferdam* et qu'on emploie comme matelas derrière les cuirasses de certains navires blindés. Cette matière peut absorber de 8 à 11 fois son poids d'eau.

L'enveloppe de la pile est en bois de chêne en forme de caisse cubique ; le liquide est une solution de chlorydrate d'ammoniaque.

Au fond de la boite est une lame de zinc amalgamée ; au-dessus est le charbon entouré d'un lit de grainette de bioxyde de manganèse. Le couvercle de la boite est fermé avec des vis sous une presse de manière que la cellulose soit comprimée à 200 *g* environ par centimètre carré. Ces piles paraissent devoir durer très longtemps ; elles ont l'avantage d'être incassables, très légères, éminemment transportables, parfaitement hermétiques ; elles ne donnent lieu à aucun dégagement de gaz, aucune odeur et ne demandent ni entretien, ni nettoyage.

Communication de M. Chanssselle sur la **lampe électrique portative** pour les mines, système Rousseau.

C'est une lampe des dimensions des lampes Mueseler et Marsaut. Ici l'appareil éclairant est une lampe à incandescence dont le verre est gros comme une noisette. Elle est alimentée par un accumulateur et demande 3 volts et 0,5 à 0,6 ampère. Le poids est de 2 *kg* environ et le prix actuel de 30 *f*, mais il pourra être abaissé. La lampe peut fonctionner 10 à 12 heures et on le recharge sans la démonter.

INSTITUT ROYAL DES INGÉNIEURS NÉERLANDAIS (1)

Séance du 6 avril 1890.

Communication de M. Stang sur la **capacité des dunes** sous le rapport de la quantité d'eau potable pour l'approvisionnement des villes.

Rectification à un mémoire de M. Eyriaud des Vergnes inséré dans les **Annales des Ponts et Chaussées**, février 1890. (Voir comptes-rendus de juin 1890, page 833), par M. Conrad.
Il s'agit des dépôts dans le port d'Imuiden que M. Eyriaud des Vergnes rapporte avoir eu une influence fâcheuse sur l'embouchure du canal d'Amsterdam à la mer du Nord. M. Conrad conteste ce fait et présente à l'appui des plans et profils indiquant que ces dépôts ont été complètement enlevés par les courants.

Communication de M. Huet sur le **dessèchement des polders.**
Cette communication traite spécialement d'un projet de bâtiment pour les machines d'épuisement, projet dû à M. Morre, architecte.

Communication de M. Welcher sur les **dépôts** qui se produisent à **l'embouchure de la Meuse.**

Séance du 12 juin 1890.

Communication de M. Conrad sur le **Congrès des travaux maritimes** tenu à Paris en 1889.

Communication de M. Huet sur le **dessèchement des polders.**
Cette partie est relative aux pompes et machines d'épuisement.

Communication de M. Halbertsma sur le même sujet.

Observations de M. Van Hasfelt sur la communication de M. Stang, présentée dans la séance du 6 avril.

Communication de M. Michaelis sur les titres de **Roentgen** à **l'invention de la machine compound** (2).

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 31. — 2 *août 1890.*

Développement technique des Compagnies de navigation « Lloyd de l'Allemagne du Nord » et « Hambourgeoise-Américaine », par R. Haack et C. Busley *(suite).*

(1) *Résumé communiqué par M. J. de Koning.*
(2) Voir Chroniques d'octobre 1889, page 534 et décembre 1889, page 737.

Instruction pour la rédaction des descriptions et des dessins pour les demandes de patentes d'invention, par W. Stercke *(suite).*

Contrôleur d'aérage pour les mines, par le Dr O. Volger *(fin).*

Machines à vapeur. — Distribution par soupapes, par C. Sondermann.

Groupe de Hanovre. — Fabrication mécanique des briques.

Groupe de Cologne. — École technique moyenne de Cologne.

Patentes.

Bibliographie. — Epuration des eaux en grande masse par voie de filtration, par F. Breyer.

Correspondance. — Ascenseurs pour personnes et marchandises.

N° 32. — *9 août 1890.*

Les machines à vapeur à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par B. Salomon.

Développement technique des Compagnies de navigation « Lloyd de l'Allemagne du Nord » et « Hambourgeoise-Américaine », par R. Haack et C. Buslèy *(suite).*

Groupe du Rhin inférieur. — Compte rendu de la réunion à Francfort du 31 janvier au 3 février 1890. — Pompes Worthington. — Horloges électriques. — Législation des patentes d'invention.

Patentes.

Correspondance. — Contrôleur d'aérage pour les mines.

N° 33. — *16 août 1890.*

Les machines à vapeur à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par B. Salomon *(suite).*

Instruction pour la rédaction des descriptions et dessins pour les demandes de patentes d'invention, par W. Stercke *(fin).*

Groupe de Bavière. — Législation des patentes d'invention.

Groupe de Poméranie. — Construction de tunnels pour chemins de fer souterrains à Londres.

Patentes.

Variétés. — Exposition internationale d'électricité à Francfort en 1891. — Ruptures de bandages en Allemagne en 1889. — Nouveau procédé de fondation.

N° 34. — *23 août 1890.*

Étude sur l'emploi des appareils hydrauliques de levage en Allemagne, notamment aux ports francs de Brême et de Hambourg, par Ad. Ernst.

Les machines à vapeur à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par B. Salomon *(suite).*

Calcul du débit des déversoirs par la méthode de M. Bazin, par le Dr K. Keller.

Groupe de Wurtemberg. — Excursion aux salines de Heilbronn. — Utilisation de la puissance hydraulique et du calorique de la vapeur aux salines de Heilbronn.

Patentes.

N° 35. — *30 août 1890.*

Etude sur l'emploi des appareils hydrauliques de levage en Allemagne, notamment aux ports francs de Brême et de Hambourg, par Ad. Ernst *(suite).*

Machines de l'industrie textile à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par G. Rohn *(sutie).*

Organisation et programme de l'établissement royal d'essais mécaniques et techniques de Charlottenbourg, par A. Martens.

Groupe de Magdebourg. — Chaudières à tubes avec cloisons ondulées de Eggers.

Groupe de Mannheim. — Béton de ciment pilonné. — Entrepôts du chemin de fer du Palatinat à Ludwigshafen-sur-Rhin. — Reconstruction du pont sur le Neckar, à Mannheim.

Patentes.

Bibliographie. — L'énergie et ses transformations, par F. Wald.

N° 36. — *7 septembre 1890.*

Les machines à vapeur à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par B. Salomon *(suite).*

Les machines de l'industrie textile à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par G. Rohn *(suite).*

Éléments des machines.

Patentes.

Bibliographie. — Les machines à vapeur à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par J. Buchetti. — Les machines à vapeur, par H. Haeder.

Variétés. — Mesurage éleclrique de la puissance absorbée par les machines-outils. — Unification des méthodes d'essai des matériaux de construction.

N° 37. — *13 septembre 1890.*

Les machines à vapeur à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par B. Salomon *(suite).*

Nouveau feu flottant en fer le *Weser*, par W. Nawatzki.

Assemblée générale des délégués des associations de surveillance des chaudières, à Stuttgart. — Bases pour l'essai des matériaux entrant dans la construction des chaudières. — Prévention de la fumée. — Extraction automatique des cendres de Sickel. — Compteur d'eau.

Groupe de Thuringe. — Corrosion des chaudières.

Patentes.

Variétés. — Assurance contre les accidents pour les étudiants. — Association allemande d'hygiène publique.

Pour la Chronique et les Comptes rendus,
A. Mallet.

IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE. — PARIS. — 21432-10-90

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

OCTOBRE 1890

N° 4

Sommaire des séances du mois d'octobre 1890 :

1° Congrès international du Génie civil à Chicago, en 1893 (Nomination d'un délégué) (Séance du 3 octobre, page 555).

2° Décès de MM. Ferd. Mathias, Alf. Nancy, Ch. Mariotte, H. Baumal, E.-Ch. Lauber, P.-L. Violet et A. Mialane (Séance du 3 octobre, page 552).

3° Décorations et nominations de MM. Gruner, Logre, Aug. Martin et P.-V. Terrier (Séance du 3 octobre, page 554).

4° Dons de Bons de l'Emprunt par MM. Furno et Loustau, Robineau et Thibaut (Séances des 3 et 17 octobre, pages 553 et 561).

5° Médaille frappée en souvenir de J.-B. Hirn (Lettre de M. Grosseteste) (Séance du 17 octobre, page 561).

6° Membres honoraires (Nomination de MM. J.-W. Conrad et N.-A. Michaëlis comme) (Séance du 3 octobre, page 555).

7° Rectification (Lettres de), de MM. Chélu et Raffard (Séance du 3 octobre, page 555 et 556).

8° Échange de plusieurs marchandises entre elles (Théorie de l'), par M. L. Walras; observations de MM. E. Polonceau et J. Fleury (Séance du 17 octobre, page 563).

9° Éléments d'économie politique pure (Analyse d'un ouvrage de M. L. Walras sur les), par M. E. Bert (Séance du 17 octobre, page 562).

10° Épuration des eaux au chemin de fer du Nord, par MM. Carcenat et Derennes. Observations de MM. Asselin, Roy et Regnard (Séance du 3 octobre, page 556).

11° Navigation sur le Rhône, en mer et dans les canaux (Analyse d'un ouvrage de M. F. Moreaux sur), par M. J. Fleury (Séance du 3 octobre, page 561).

12° Principe compound et son application aux locomotives (Discussion sur le), par MM. Pulin, E. Polonceau, Ed. Roy, A. Mallet, Leucauchez, Du Bousquet et Collet (Séance du 17 octobre, page 563).

Pendant les mois d'août, septembre et octobre 1890, la Société a reçu :

31731 — De M. Ghercevanof, par M. Pontzen (M. de la S.). *Essai sur l'hydrographie du Caucase.* Grand in-8 de 119 p. avec pl., en russe. Saint-Pétersbourg, 1886.

31732 — De M. H. Vallot (M. de la S.). *Note sur l'établissement des ressorts à lames employés dans le matériel des chemins de fer.* In-8 de 82 p. avec pl. Paris, E. Capiomont et Renault, 1882.

31733 — Du même. *Du mouvement de l'eau dans les tuyaux circulaires.* In-8 de 63 p. avec pl. Paris, E. Capiomont et Renault, 1888.

31734 — Du Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. *Lettre du Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts nous communiquant deux sujets d'études rédigés par le Comité des Travaux historiques et scientifiques. (Section des Sciences économiques et sociales.)* Feuille in-4°. Paris, Imprimerie Nationale, 1890.

31735 — Du même. *Changements survenus depuis cinquante ans dans le salaire des ouvriers et dans les conditions matérielles de leur existence.* Feuille in-4°. Paris, 1890.

31736 — Du même. *Questionnaire sur les conditions de l'habitation dans les diverses parties de la France.* Feuille in-4°. Paris, 1890.

31737 — Du même. *Congrès des Sociétés savantes. Discours prononcés à la Séance générale du Congrès, le samedi 31 mai 1890,* par MM. Maunoir et L. Bourgeois. Grand in-8 de 54 p. Paris, Imprimerie Nationale, 1890.

31738 — De M. F. Bougarel (M. de la S.). *Assainissement des villes et particulièrement de la ville de Paris.* Exposition universelle de 1889. In-8 de 8 p. Paris, Ed. Rousset, 1889.

31739 — De M. Ch. Bellens. *Documents relatifs au service d'éclairage électrique fait par la maison Davey, Paxman et Cie à l'Exposition universelle de 1889, à Paris.* In-8 de 16 p. Paris, Deschamps, 1890.

31740 — De M. Mencière (M. de la S.). *Machine à double mouvement circulaire pour relever les voies et leurs appareils.* In-8 de 77 p. avec pl. Bordeaux, Moffre et Renouil, 1880.

31741 — De M. Ch. Walrand (M. de la S.). *Déphosphoration sur sole ma-*

gnésienne. In-12 de 40 p. Saint-Dizier, Henriot et Godard, 1886. Trois exemplaires.

31742 — De M. M. Perret (M. de la S.). *Vinification. La cuve à étage*. In-8 de 8 p. Grenoble, G. Dupont.

31743 — Du même. *La combustion des matières pulvérentes*. In-8 de 10 p. Paris, Génie civil, 1889.

31744 — De M. A. Greiner, par MM. Mallet et Noël (M. de la S.). *Portefeuille de John Cockerill*. Vol. III, in-4° de 358 p. et Atlas in-4° ital. de 98 pl. Vol. IV, in-4° de 354 p. et Atlas in-4° ital. de 93 pl. Paris et Liège, J. Baudry, 1876 et 1888.

31745 — De M. E. Melon (M. de la S.). *Étude sur les altérations des nappes d'eau souterraines par les usines à gaz*. In-8 de 25 p. Paris, Mouillot, 1890.

31746 — De M. Mauguin (M. de la S.). *Notice sur l'exposition de la Société des Ponts et Travaux en fer à l'Exposition universelle de 1889*. In-8 de 35 p. Paris, Berthaud, 1889.

31750 — De M. A. Seguin (M. de la S.). *De l'influence des chemins de fer et de l'art de les tracer et de les construire*. Lyon, Pitrat, 1889.

31751 — Du même. *Description de la première locomotive avec chaudière tubulaire*. Grand in-8 de 42 p. avec pl. Lyon, Pitrat, 1889.

31752 — Du même. *Album de photographies de divers travaux exécutés par la Compagnie de l'Horme et chantiers de la Buire*.

31753 — De M. Gouilly (M. de la S.). *Analyse de l'œuvre de H. Giffard*. In-8 de 142 p. Paris, Chaix, 1888.

31754 — De M. G. Alexis Godillot (M. de la S.). *Appareils réalisant la combustion méthodique. Appareils distribuant mécaniquement le combustible sur la grille*. In-4° de 25 p. avec pl. Paris, V. Palyart et fils, 1885.

31755 — De la *Société de secours des amis des sciences. Compte rendu du 30e exercice*. Petit in-8 de 240 p. Paris, Gauthiers-Villars, 1890.

31756 — De M. P. Lévy (M. de la S.). *Des phosphates de chaux*. In-8 de 78 p. Paris, G. Masson, 1889.

31757 — De M. A. Vuigner (M. de la S.). *Ascenseur pour wagons de chemins de fer*. In-8 de 8 p., avec pl. Paris, Imprimerie des Halles et de la Bourse, 1889.

31758 — De M. P. Yankowski (M. de la S.). *Sur la résistance à la charge verticale des fondations naturelles*. In-8 de 39 p., en russe. Saint-Pétersbourg, 1889.

31759 — Du même. *La résistance des fondations dans le sable à la charge verticale*. In-8 de 39 p., en russe. Saint-Pétersbourg, 1890.

31760 — Du Ministère des Travaux publics de Hollande. *Carte du colmatage des polders de Roermond, n° 2*.

31761 — Du Ministère des Travaux publics. *Atlas des ports étrangers, 5e livraison*. Paris, Imprimerie Nationale, 1890.

31762 — De M. G. Achel. *La plus grande Bretagne ou le plus grand continent*. In-8 de 42 p. Paris, L. Cerf, 1890.

31763 — De l'*Institut Égyptien. Bulletin, 2e série, n° 10, année 1889*. Le Caire, J. Barbier, 1890.

31764 — De M. J. Forest. *Minutes of Proceedings of Institution of civil Engineers*. Vol. CI. 1889-1890, Part. III. London, 1890.

31765 — De M. R. Abt (M. de la S.). *Weltausstellung, in Paris 1889, Schweiz, Klasse 61, Eisenbahnmateriel. Bericht*. In-8 de 42 p. Zurich, Ulbrich et Cie, 1890.

31766 — De M. G. Broca (M. de la S.). *Voie métallique pour tramways. Rails à gorge et à patin*. In-8 de 14 p., avec pl. et annexes. Paris, B. Tignol, 1884.

31767 — De M. J. Meyer (M. de la S.). *De la chaleur centrale dans l'intérieur des massifs*. In-8 de 16 p. Lausanne, Corbaz, 1890.

31768 — De M. J. Barois. *Notice sur le climat du Caire*. In-8 de 135 p., avec pl. Le Caire, J. Barbier, 1890.

31769 — De l'*Iron and Steele Institute. (The Journal of the), n° 1, 1890*. London, Spon. 1890.

31770 — De la *Chambre de commerce de Dunkerque. Recueil des procès-verbaux des séances de la Chambre*. Dunkerque, Baudelot, 1890.

31771 — De M. J. Odelin. *Métropolitain de pénétration centrale. Réponse à l'enquête*. In-8° de 8 p. avec pl. Paris, Chaix, 1890.

31772 — De M. Quinette de Rochemont. *Port du Havre (1er arr.). Acquisition d'un matériel de dragage. Devis, programme*. In-4° de 15 p. Havre, Micaux, 1890.

31773 — De la *Société industrielle de Reims. Tableau synoptique de l'industrie lainière de 1789 à 1889*. Feuille demi-grand-aigle, pliée format in-8°. Reims, Matot-Braine, 1890.

31774 — De M. Decauville (M. de la S.). *Catalogue illustré du Decauville. chemin de fer portatif à pose instantanée. tout en acier*. In-4° de 115 p., 76e édit., Corbeil, Crété 1890.

31775 — Du *Comité de distribution de secours aux familles des victimes de la catastrophe du 3 juillet 1889 survenue aux puits Verpilleux et Saint-Louis. Compte rendu des opérations du Comité*. Grand in-8° de 79 p. Saint-Étienne, Menard, 1890.

31776 à 31778 — De l'*Observatorio de Rio de Janeiro. Annuario do observatorio astronomico de Rio de Janeiro (années 1888, 1889 et 1890)*. Rio de Janeiro, Lombaerts.

31779 et 31780 — Du Même. *Annales de l'Observatoire de Rio de Janeiro. Tome IV, 1re et 2e parties*. In-4°. Rio de Janeiro, H. Lombaerts, 1889.

31781 — De la Direction générale des douanes. *Tableau général du com-*

merce de la France (année 1889). Paris, Imprimerie Nationale, 1890.

31782 — De M. J. Rusk. *Report on the Substitution of metal for vood in Railroad ties. U. S., Department of agriculture, Forestry Division Bulletin nº 4.* In-8° de 349 p. Washington Government Printing-office, 1890.

31783 — De la *Society of civil Engineers; Transactions for 1889 and general Index 1861 to 1889.* London, E. et F. N., Spon, 1890.

31784 — De M. L. Gonin. *Visite d'un Ingénieur suisse aux travaux de reboisement des Alpes françaises dans la vallée de Barcelonnette.* In-8° de 27 p. avec pl. Lausanne, G. Bridel, 1890.

31785 — De M. Dabancourt. *Hydro-moteur à hélice pour navires.* In-8° de 27 p. avec phot. Havre, Imprimerie du journal *le Havre,* 1890.

31786 — De la *Société industrielle de Mulhouse. Table des matières des sujets traités au Comité de mécanique, de 1826 à 1889.* Grand in-8° de 83 p. Mulhouse, Veuve Bader et Cie, 1890.

31787 et 31788 — Du Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. *Eighth annual Report of the United States geological Survey to the Secretary of the Interior. Part I et II, 1886-1887.* Washington, Government Printing-office, 1889.

31789 — De M. Reuleaux. *II Nachtrag zun Katalog der bibliotek der Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin.* Grand in-8° de 154 p. Berlin, Deuter et Nicolas, 1890.

31790 — De M. Decauville (M. de la S.). *Le chemin de fer Decauville pendant l'Exposition de 1889.* In-12 de 71 p. Corbeil, Crété, 1890.

31791 — De M. H. Couriot (M. de la S.). *L'industrie des mines en France et à l'étranger et principalement les houillères en 1889.* Grand in-8° de 46 p. Paris, A. Jouandeaux, 1890.

31792 — De M. Desforges. *L'annuaire de l'industrie française et du commerce d'exportation. 1re année, 1890.* Grand in-8°, Corbeil, Crété de l'Arbre, 1890, 2 exempl.

31793 — De M. Alb. Kapteyn (M. de la S.). *Expériences sur le frein Westinghouse appliqué sur un train de 50 voitures entre Courtalain et Bresse-sur-Braye.* Grand in-8° de 16 p. avec pl. Paris, Napoléon Alexandre et Cie, 1890.

31794 — Du Même. *Essais sur les chemins de fer de l'État belge du frein Westinghouse appliqué aux trains de marchandises.* Grand in-4° de 19 p. avec pl. London, Bedford, 1890.

31795 — De M. Ch. Lucas (M. de la S.). *Lille, Bruxelles, Borgerhout, Anvers. Notes de voyage.* In-12 de 47 p. Paris, André, Daly fils et Cie, 1890.

31796 — De M. G. Crugnola, par M. de Longraire (M. de la S.). *Il ponte sul golfo de Forth presso Queensferry in Iscozia.* In-8° de 37 p. avec pl. Torino Camilla et Bartolero, 1890.

31797 — De M. J.-M. Rusk. *Report on the Relation of Railroads to Forest supplies and Forestry*. In-8° de 149 p.

31798 — Du Même. *Report on the Forest conditions of the Rocky Moutains*. In-8° de 252 p. Department of agriculture, Forestry Division. Bulletins n°s 1 et 2. Washington, Government Printing-office, 1887 et 1889.

31799 — De M. Lartigue (M. de la S.). *Monorail. Chemin de fer à rail unique surélevé*. Brevet Lartigue. Dossier renfermant onze pièces.

31800 — De M. Ch. Lucas (M. de la S.). *Société française des habitations à bon marché. Concours pour l'étude d'habitations à bon marché à élever à Saint-Denis. Programme*. In-4°. Paris, Chaix, 1890.

31801 — De M. G. Cassagnes (M. de la S.). *La sténotélégraphie*, par L. Chenut. In-8° de 15 p. Paris, Chaix, 1890.

31802 — De M. E. Candlot (M. de la S.). *Étude pratique sur le ciment de Portland*. In-8° de 122 p. Paris, Baudry, 1886.

31803 — Du même. *Note sur la prise et le durcissement des mortiers de ciment de Portland*. In-8° de 30 p. Boulogne-sur-Mer, Simonnaire et Cie, 1888.

31804 — Du même. *Note sur l'emploi des matériaux hydrauliques*. In-8° de 48 p. Paris, Baudry, 1890.

31805 — Du même. *Communications faites au Congrès des Procédés de construction*. In-12 de 72 p. Paris, Ed. Rousset, 1890.

31806 — Du Smithsonian Institution. *Proceedings of the American Academy of arts and Sciences*, from May 1888, to May 1889. Boston, J. Wilson and Son, 1889.

31807 — De la *Société Vaudoise des Ingénieurs et Architectes. Catalogue de la bibliothèque au 1er juillet 1890*. Petit in-8° de 23 p. Lausanne, L. Vincent, 1890.

31808 — De M. H. Chevalier (M. de la S.). *Tableau graphique pour le calcul des ressorts à lames*. In-8° de 7 p. avec pl. Paris, Chaix, 1887.

31809 — De M. G. Leloutre (M. de la S.). *Recherches expérimentales et analytiques sur les machines à vapeur*. In-8° de 63 p. Nancy, Berger-Levrault et Cie, 1883.

31810 — Du même. *Vérification d'une série d'essais sur une machine de Wolf*. In-8° de 58 p. Paris, B. Tignol, 1885.

31811 et 31812 — De M. P. Jullien (M. de la S.). *Projet de voies aériennes dans Paris*. In-4° de 45 p. avec pl. Paris, Broise et Courtier, 1887.

31813 et 31814 — De M. Elwell (M. de la S.). *Photographies d'un pont roulant de 100 tonnes installé à la fonderie de Ruelle*. 2 phot. 1/4 gr. aigle.

31815 à 31822 — De M. Cottancin (M. de la S.). *Travaux en ciment avec ossature métallique*. 8 dessins 1/4 grand aigle.

31823 — De M. J. de Cordemoy (M. de la S.). *Essai d'une théorie élémentaire des marées.* In-8° de 39 p. Dunkerque, P. Michel, 1890.

31824 — *Aide-mémoire du Chimiste*, par R. Jagnaux. Gr. in-12 de 985 p. Paris, J. Baudry, 1890.

31825 — De M. Aron (M. de la S.). *Spécimens de reproductions photographiques exécutées par la maison Aron frères.* 33 feuilles.

31826 — De M. L. Campredon, par M. Mahler (M. de la S.). *L'Acier, historique, fabrication, emploi.* Gr. in-12 de 344 p. Paris, B. Tignol, 1890.

31827 — De M. L. Durassier (M. de la S.). *Mines à grisou. L'air comprimé et la sécurité intérieure aux mines de Blanzy.* In-8° de 30 p. Paris, *Génie civil*, 1890.

31828 — De M. Kozloff. *Conférence sur le diagrammomètre* faite par Ed. Lucas. In-4° de 15 p. Paris, A. Reiff, 1890.

31829 — *Aide-mémoire de l'Ingénieur*, par Ph. Huguenin. Grand in-12 de 1 188 p. Paris, J. Baudry, 1890.

31830 — De M. J. Robinson (M. de la S.). *Photographies de locomotives construites par Sharp, Stewart et Cie.* Album grand in-4° ital. de 40 phot.

31831 — Du Navy Department Washington. *Office of Naval Intelligence. General Information, serie n° IX.* In-8°. Washington-Government Printing Office, 1890.

31832 — De la *Société française des accumulateurs Faure-Sellon-Wolckmar. Notices et tarifs.* In-8° de 42 p. 2 ex. Paris, Imprimerie des Arts et Manufactures, 1890.

31833 — De G. Delaporte (M. de la S.). *Nouvel éclairage par l'électric-gas*, In 8° de 40 p. Paris, Lapirot et Boullay, 1886.

31834 — De l'*Accademia dei Lincei di Roma. Memorie*, série IVa, vol. V, année 1888. Grand in-4°. Roma, V. Salviucci. 1888.

31835 — De M. W. Grosseteste (M. de la S.). *Manifestation en l'honneur de G.-A. Hirn 1815-1890.* Grand in-8° de 55 p. Strasbourg, G Fischbach, 1890.

Les membres nouvellement admis pendant le mois d'octobre sont :

Comme membres honoraires, MM.

J.-F.-W. Conrad, présenté par MM. V. Contamin, E. Polonceau et P. Buquet.

N.-T. Michaelis, — MM. V. Contamin, E. Polonceau et P. Buquet.

Comme membres sociétaires, MM.

M. Delmas, présenté par MM. André, Lalance et Villard.

J.-L. Massignon, — Mondollot, Tardieu et Watel.

Ch. Robert de la Mahotière, — de Cordemoy, Rabinel et Destabeau.

L. Robert de la Mahotière, — de Cordemoy, Rabinel et Destabeau.

F.-E. Roche, — Loustau, Hallopeau et Prangey.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'OCTOBRE 1890

Séance du 3 octobre 1890.

Présidence de M. V. Contamin

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président se trouve dans la pénible nécessité d'ouvrir cette nouvelle session par un douloureux hommage à rendre à la mémoire d'un trop grand nombre de Collègues enlevés par la mort, depuis notre dernière séance, à l'affection de leurs familles et à l'estime de leurs amis. Les sept membres de notre Société qui ne vivront plus parmi nous que par le souvenir de leurs travaux et des sentiments de sympathie qu'ils ont sû faire naître autour d'eux, sont :

M. Ferdinand Mathias, sorti de l'École centrale en 1833, c'est-à-dire appartenant à la seconde promotion, est membre de notre Société depuis 1848, et l'un des Ingénieurs qui ont le plus honoré notre profession. Il a été tout d'abord, avec les Callón, Thomas, Laurens, Vuillemin, Petiet, Polonceau, Chevandier de Valdrôme, Alcan, Nozo, Loustau, Jeanneney et tant d'autres centraliens des premières promotions, l'un des créateurs les plus autorisés du corps des Ingénieurs libres, dont l'existence s'est si rapidement affirmée et imposée à l'estime de leurs concitoyens par la part toujours grandissante qu'il a su prendre dans les gigantesques progrès réalisés, depuis près de soixante ans, dans toutes les branches de l'activité humaine. M. Mathias qui, tant qu'il a habité Paris, n'a cessé de collaborer d'une manière brillante à nos travaux, nous a continué un concours des plus utiles lorsque, forcé de séjourner à Lille, il n'a plus pu nous donner un appui aussi direct. Il est certainement celui de nos Collègues qui, mettant sa grande influence professionnelle à notre disposition, s'est le mieux conformé aux prescriptions des articles 3 et 4 de nos statuts demandant aux Sociétaires d'étendre, par le concours actif de ses membres, l'enseignement professionnel parmi les ouvriers et les chefs d'industrie ou d'atelier; de poursuivre, par l'étude des questions d'économie industrielle, d'administration et d'utilité publique, l'application la plus étendue des forces et des richesses du pays.

Il méritait une manifestation toute particulière de regrets que le Président de la Société s'est efforcé de rendre dans le discours qu'il a eu l'honneur de prononcer sur sa tombe et qui sera imprimé dans le Bulletin ; la Société s'associe aux témoignages de sympathie donnés à sa mémoire dans cette triste circonstance.

M. Alfred Nancy, sorti de l'École centrale en 1843, était membre de notre Société depuis 1848. Il a été l'un de ces Collègues qui, par leur extrême bienveillance et la part qu'ils prenaient à nos travaux, ont su conquérir toute nos sympathies ce qui lui a valu d'être nommé secrétaire de notre Société pendant les années 1856 et 1857, situation qu'il n'a quittée que parce qu'il s'est trouvé depuis absorbé par ses fonctions de répétiteur à l'École centrale et d'Ingénieur, tout d'abord, à la Compagnie de l'Est pendant onze ans, puis, pendant douze ans à la Compagnie des Docks-Entrepôts du Havre. Retiré à Chartres, sa ville natale, il y a exercé les fonctions d'Ingénieur civil tant que sa vue qui faiblissait le lui a permis, et n'a cessé de suivre nos travaux et de nous témoigner la plus vive sympathie. Le passage suivant de la lettre que sa bien-aimée veuve m'a adressée pour annoncer le malheur qui la frappait, en est la preuve la plus touchante :

« Quoique atteint de cécité depuis dix ans, il se faisait lire régulière-
» ment les Bulletins de la Société et se réjouissait des succès et travaux
» de l'École dont il avait conservé un si bon souvenir. »

La Société s'associe tout entière aux respectueuses condoléances que son Président s'est empressé d'adresser à madame Nancy.

M. Charles Mariotte, qui appartenait à la promotion de 1846 de l'École centrale, était membre de notre Société, lui aussi, depuis 1848 ; c'est donc encore un des rares survivants de ceux qui ont aidé à notre fondation qui disparaît et se trouve ainsi enlevé à notre estime et à notre affection. Il s'est occupé de sucreries et de raffineries et a su acquérir dans cette spécialité une notoriété professionnelle qui lui a valu du Ministère de la marine une mission d'études sur la situation de cette industrie dans les colonies, qui a ajouté à la considération qu'il avait si justement acquise dans sa profession. La Société partage les regrets que la disparition de ce Collègue cause à sa famille et à tous ceux à qui il a été donné de se trouver en relations avec lui.

M. Henri Baumal, sorti de l'École centrale en 1845, était membre de notre Société depuis 1849. Il s'est adonné toute sa vie à la grande industrie des Chemins de fer et a laissé les meilleurs souvenirs à la Compagnie du Nord, puis au chemin de fer de Lyon et enfin à la Compagnie de l'Ouest où il a occupé successivement les situations d'Ingénieur de traction à Sotteville, puis à Paris où l'on ajouta à son service des lignes de Normandie celui des lignes de Banlieue. Travailleur infatigable. son caractère juste et droit lui avait assuré l'affection du personnel et la sympathie de ses collègues. Patriote et courageux, sa belle conduite en 1870 où il trouva moyen de traverser plusieurs fois les lignes ennemies, lui valut la croix de la Légion d'honneur comme récompense de services rendus pendant sa carrière professionnelle et des actes de courage accomplis pendant l'occupation étrangère. Sa perte est vivement

ressentie par la Société qui s'associe bien sincèrement au chagrin qu'elle a causée à tous ceux qui l'ont connu.

M. E.-Ch. Lauber, né à Varsovie, sorti en 1862 de l'Ecole centrale, est un de ces Ingénieurs russes et polonais, si sympathiques à notre Société, qui, faisant grand honneur à notre profession, aimait à rappeler l'origine toute française de son instruction professionnelle; il a occupé des fonctions importantes dans les chemins de fer et remplissait, en dernier lieu, celles d'Ingénieur en chef de la canalisation des eaux de Varsovie, lorsque le destin l'a enlevé à l'affection de sa famille et de ses amis. C'est bien sincèrement que la Société partage la pénible impression que sa mort a causée à sa famille et à ses amis.

M. Paul-Louis Violet, qui était membre de notre Société depuis 1884, et vient de mourir à Buenos-Ayres, avait su conquérir beaucoup de sympathie parmi nous; c'est donc avec un sentiment de très grande sympathie que nous adressons nos condoléances à sa famille éplorée.

M. André Mialane, membre de notre Société depuis 1886, laisse derrière lui le souvenir d'une vie bien remplie que M. A. Brüll veut bien nous retracer.

M. A. Brüll dit que M. Mialane a eu une vie des mieux remplies et qu'il a rendu de très grands services. Il aimait la Société des Ingénieurs civils et s'il n'assistait pas souvent à nos séances, c'est parce qu'il habitait loin de Paris. M. Mialane est le fils de ses œuvres et ce n'est que peu à peu, par des efforts constants, qu'il a acquis l'instruction technique dont témoignent ses importants travaux. D'abord entrepreneur de travaux publics, il a construit des routes et établi un tunnel important pour le chemin de fer du Midi; amoureux du progrès, il a appliqué avec succès, dans la construction de ce dernier ouvrage, les moyens les plus nouveaux et notamment l'abatage à la nitro-glycérine. Plus tard, il a été le collaborateur de M. Nahel et l'associé de M. Barbe, notre regretté collègue, et a été l'un des actifs propagateurs de la dynamite dans la région du Midi, en Espagne, en Suisse et en Italie. M. Mialane ne laisse que des amis et d'excellents souvenirs parmi ceux qui l'ont connu. Il se distinguait par une extrême bonté et une grande élévation de caractère.

M. le Président est heureux de pouvoir, après ces hommages toujours pénibles à rendre, annoncer à la Société quelques distinctions des plus méritées accordées à un certain nombre de ses membres :

M. Paul-Victor Terrier, dont le nom est si honorablement connu dans le monde des travaux publics et qui a obtenu des succès on ne peut plus justifiés dans ses constructions de barrages, quais, ponts, ports et travaux maritimes, tant en France qu'à l'étranger, où il a toujours fait valoir et estimer notre industrie nationale, a été nommé chevalier de la Légion d'honneur à la suite de l'inauguration des travaux de La Pallice.

Notre collègue Auguste Martin, dont les travaux sur la verrerie et les émaux sont si justement estimés, a été nommé chevalier de l'ordre du Christ.

Notre sympathique et savant secrétaire, M. Gruner, a été nommé officier de Saints-Maurice-et-Lazare.

Et notre collègue M. Logre, officier d'Académie.

Nous associons nos félicitations à celles déjà adressées à ces collègues par leurs parents et amis

M. le Président demande à la Société, comme suite à l'accueil sympathique qu'elle a fait en première présentation à la proposition de nommer membres honoraires de notre Société :

M. J.-W Conrad, Président de l'Institut royal des Ingénieurs néerlandais;

M. N.-A. Michaëlis, ancien Président de cette même Société;

de bien vouloir ratifier ces deux nominations, qui, par l'hommage que nous rendons au génie hollandais dans la personne des deux de leurs Ingénieurs les plus justement considérés et estimés, ne peuvent qu'aider au développement des relations déjà si cordiales et si affectueuses que nous sommes heureux d'entretenir avec nos collègues hollandais.

Parmi les ouvrages reçus, M. le Président signale plus spécialement, en raison de son importance et de l'intérêt qui s'y attache, le *Portefeuille de John Cockerill*, volumes III et IV et il adresse les remerciements de la Société aux donateurs de divers ouvrages.

M. le Président adresse à MM. Loustau et Furno les remerciements de la Société pour l'abandon des bons qu'ils ont souscrits à l'emprunt pour la réception des Ingénieurs étrangers, et qu'ils désirent voir attribuer au fonds spécial créé en vue de la reconstruction de l'hôtel.

M. le Président annonce que M. Corthell, membre de notre Société et son correspondant à Chicago, a bien voulu accepter de nous représenter à la conférence spéciale qui aura lieu dans cette ville le 14 courant, en vue de l'organisation d'un Congrès international du Génie civil qui se tiendra à Chicago en 1893. L'invitation de déléguer un certain nombre de Français à cette réunion nous est parvenue pendant les vacances et trop tard pour que nous puissions organiser cette délégation; nous en avons exprimé tous nos regrets à notre honorable collègue et l'avons vivement remercié d'avoir accepté d'être notre représentant dans cette circonstance.

M. le Président donne lecture d'une lettre de M. Raffard signalant, dans le compte rendu de la séance du 1er août, l'omission de la date du 30 janvier 1851, qui est celle de la prise de son brevet sur le séchage ou surchauffage de la vapeur détendue par son passage dans un tube traversant la chaudière. Le compte rendu de cette séance reproduisant la date des brevets pris par MM. Lencauchez et Pouchet, il y a lieu d'accorder cette satisfaction au collègue savant et modeste, qui, dans sa longue vie de travail, a rendu de nombreux et utiles services à l'industrie.

M. le Président communique une lettre adressée du Caire par M. Chélu pour protester contre la confusion que peut faire naitre le compte rendu de la communication faite par M. Leygue, qui attribue à un M. Chenu les ouvrages publiés par lui et rappeler que la priorité dans les travaux exécutés en Égypte et sur le Nil appartient sans conteste à notre compatriote Lusant de Bellefonds Pacha, qui a dirigé pendant plus de trente ans les travaux publics d'Egypte. Il donne enfin communication d'une lettre de M. Ch. Lucas, adressant à la Société quelques exemplaires d'un programme de concours ouvert par la Société française des habitations à bon marché, dont plusieurs clauses rentrent dans les études habituelles des membres de la Société, et ajoute à cet envoi des notes sur un voyage en Belgique destinées à notre bibliothèque.

M. le Président remercie M. Lucas de cette double communication et donne la parole à M. Carcenat pour sa communication sur l'eau d'alimentation des locomotives au Chemin de fer du Nord.

M. Carcenat donne lecture d'un Mémoire sur l'*Épuration des eaux au Chemin de fer du Nord*, élaboré de concert avec M. Derennes.

Ce travail devant être inséré *in extenso* au Bulletin, nous n'en donnons ici qu'un résumé.

Le but des auteurs est uniquement de décrire sommairement les procédés et appareils en service sur le réseau du Nord pour le traitement chimique des eaux destinées aux locomotives, avec l'indication du prix de revient de l'épuration et des économies qui en résultent.

Le Mémoire signale, en passant, que la Compagnie du Nord emploie ou essaie sur ses machines fixes, mais non sur les locomotives, divers désincrustants, dont il montre les effets tantôt utiles, tantôt presque nuls et parfois nuisibles.

Après avoir rappelé les principes chimiques du traitement à la chaux pour les eaux chargées de carbonate de chaux, et du traitement à la chaux additionnée de soude pour les eaux chargées de carbonate de chaux et d'un peu de sulfate de chaux, le Mémoire passe en revue les différents types successivement employés au Chemin de fer du Nord :

Réservoirs spéciaux d'épuration sur tours élevées, déversant, après décantation et filtration, l'eau épurée dans les réservoirs de distribution de la gare ;

Réservoirs spéciaux d'épuration placés sur le sol, déversant dans une citerne l'eau épurée, décantée et filtrée ; des pompes refoulant dans les réservoirs de la gare l'eau de cette citerne ;

Grands réservoirs en maçonnerie creusés dans des terrains élevés, servant à la fois de réservoirs d'épuration et de réservoirs d'approvisionnement, divisés en compartiments, dans chacun desquels l'eau est alternativement soumise au réactif, livrée au repos, puis distribuée à travers des filtres ;

Batteries de réservoirs en tôle, mis alternativement en service, et dans lesquels l'eau est également successivement épurée, décantée et distribuée ;

Appareils continus, fonctionnant les uns avec filtration totale du pro-

cipité, ce qui conduit à un entretien dispendieux des filtres, les autres avec décantation méthodique et filtration complémentaire.

Les auteurs reprochent aux appareils continus :

1° L'emploi de la chaux à l'état de dissolution claire en très grand volume, au lieu de lait en petit volume ;

2° L'engorgement rapide des conduites de distribution, toutes les fois que l'eau, au lieu d'être consommée à la sortie des appareils, doit circuler dans une canalisation ;

3° La difficulté d'augmenter la puissance de production des appareils, quand la consommation vient à s'accroître.

Après quelques détails sur les bâches à lait de chaux, agitateurs mécaniques, filtres, etc.. le Mémoire donne quelques renseignements sur le prix de revient de l'opération, qui varie suivant les circonstances locales, la disposition des appareils, l'importance de l'installation, l'emploi ou non de la soude, de 0,20 *f* à 3,80 *f* pour 100 m^3.

M. Carcenat donne quelques explications sur l'alimentation des gares en eau potable.

Par prudence, et bien que trente années d'expériences n'aient révélé aucun inconvénient à l'emploi de l'eau épurée pour les usages domestiques, on a cru devoir, dans les stations où l'on épure l'eau, distribuer au personnel de l'eau naturelle.

Passant aux résultats constatés par le service de la traction, M. Carcenat donne connaissance de documents fournis par M. Ferdinand Mathias, le regretté Ingénieur en chef, et par M. Du Bousquet, son successeur. Ces documents permettent d'évaluer les économies réalisées en raison :

1° De la durée plus ou moins grande des faisceaux tubulaires de locomotives, qui, en outre, peuvent être couramment aujourd'hui en fer, au lieu de laiton ;

2° Du plus grand espacement des lavages des machines ;

3° De la diminution dans la consommation du combustible.

Il résulte des chiffres produits qu'au Chemin de fer du Nord, les économies obtenues ainsi par la division de la traction s'élèvent à près de 500 000 *f* par an, chiffre sensiblement égal aux frais d'élévation et d'épuration sur tout le réseau.

Ce résultat est dû à l'organisation des services d'alimentation d'eau et de travaux chimiques, spéciale à cette Compagnie et fonctionnant sous la haute direction de M. Contamin, Ingénieur du matériel des voies, notre savant Président.

M. le Président dit que les applaudissements qui viennent d'accueillir la communication de MM. Carcenat et Derennes leur démontrent non seulement l'intérêt avec lequel les membres présents ont écouté la lecture de leur mémoire, mais aussi tout le plaisir qu'ils ont éprouvé en entendant exposer aussi clairement et aussi méthodiquement l'importante question de l'épuration des eaux d'alimentation des machines locomotives.

Il résulte des faits exposés que le meilleur moyen de diminuer l'entretien des machines est évidemment de les alimenter avec des eaux

débarrassées au préalable de la plus grande partie de leurs matières étrangères ; M. le Président est heureux de témoigner de la grande part prise par MM. Carcenat et Derennes aux solutions finales adoptées par la Compagnie du Nord pour épurer ses eaux, et qui résolvent si complètement et si économiquement le problème posé.

M. Derennes dit que tout le monde est bien d'accord sur les inconvénients des incrustations, et il pense que si l'épuration préalable, si peu coûteuse, n'est pas une pratique universellement répandue en industrie, cela tient beaucoup à ce qu'on ignore trop les moyens de contrôle chimique de l'opération, qui permettent à tous les chauffeurs et agents, au moyen de réactifs d'une valeur pour ainsi dire nulle, et en quelques secondes, de se rendre compte du résultat de l'opération. Il se propose de donner prochainement quelques indications sur ce sujet et sur les procédés sommaires d'analyse des eaux industrielles.

Un Membre dit que, grâce à la bienveillance des Ingénieurs de la Compagnie du Chemin de fer du Nord, il a pu étudier les procédés d'épuration qu'elle emploie. En traitant simplement par un lait de chaux l'eau d'alimentation, il a obtenu d'excellents résultats sans grande dépense. Il exprime seulement le désir de connaître les moyens de contrôle dont il vient d'être question.

M. E. Asselin présente quelques considérations relatives à la correction des eaux industrielles chargées de sulfate de chaux (eaux séléniteuses).

Il fait remarquer qu'il s'agit de rappeler des faits déjà connus, mais que ce rappel emprunte un réel intérêt à certains progrès industriels d'une date récente.

Il y a une vingtaine d'années, un des maîtres de la science, Wurtz, a recommandé avec insistance, pour la correction des eaux chargées de sulfate de chaux, l'emploi du carbonate de baryte artificiel, c'est-à-dire, du carbonate obtenu par double décomposition, par précipitation chimique.

Le mode d'emploi de cette substance s'explique très aisément par la différence de solubilité des corps suivants : Sulfate de baryte; carbonate de chaux; carbonate de baryte; sulfate de chaux.

Le point délicat réside dans la mise en jeu de la faible solubilité du carbonate de baryte; il faut rappeler ici, qu'il y a deux moyens de favoriser et d'exalter cette dissolution :

1° La division chimique du carbonate de baryte;

2° L'agitation du milieu dans lequel doit avoir lieu la réaction.

Le carbonate de baryte étant dissous, les réactions deviennent très simples et très vraies; le sulfate de chaux est décomposé, il se forme du sulfate de baryte, corps industriellement insoluble et du carbonate de chaux, corps beaucoup moins soluble que le carbonate de baryte.

Les équivalents thermiques de ces corps montrent clairement que ces réactions doivent exister, et même se produire avec une grande énergie. Du reste, ce que la théorie prévoit, l'expérience le réalise et le prouve par la méthode des tubes scellés, dite méthode des vases clos.

Les essais exécutés sur les générateurs, il y a quinze ou vingt ans, ont donné les résultats : les uns, excellents, les autres, mauvais ou insuffisants. On doit expliquer cette discordance, mais aussi s'empresser de dire qu'elle n'infirme en rien la valeur des assertions de l'auteur.

Dans plusieurs cas, en effet, on a méconnu les recommandations faites de l'emploi du carbonate de baryte, sous forme de précipité chimique; on s'est contenté d'employer le carbonate de baryte naturel ou withérite : or, l'état moléculaire de ce corps, même pulvérisé ou moulu, se prête peu à la mise en jeu de la faible solubilité du carbonate de baryte. Telle est la première cause d'insuccès.

De plus, à l'époque de ces essais le carbonate de baryte artificiel était à un prix élevé; car il fallait l'obtenir en partant d'un sel soluble de baryum fabriqué au point de vue exclusif de cette application.

Cette élévation de prix a naturellement enrayé l'élan, déjà mis au service de ces essais.

Aujourd'hui, les conditions sont changées :

Les sels de baryte ont acquis récemment un moment de célébrité dû à leur emploi dans l'industrie sucrière : Comme conséquence de ce fait, nous trouvons actuellement dans le commerce, et, à de très bas prix, des quantités importantes de carbonate de baryte artificiel.

Certes, il ne faut pas employer dans les générateurs, un carbonate de baryte sous la forme où il se trouve au sortir des sucrateries; car il contient des matières organiques; « notamment des sels de triméthylamine, qui rendent son emploi peu recommandable; il faut procéder à une opération fort simple, la calcination; et alors on obtient un produit apte à l'emploi au prix de 25 *f* les 100 *kg* environ. »

Suivant les provenances, sa teneur varie de 60 à 80 0/0 en carbonate pur.

Il faut bien reconnaitre que c'est là un prix très bas et très avantageux pour l'application dont nous nous occupons.

Enfin, il est important de faire remarquer que le corps en question est d'une innocuité absolue dans ses relations avec les métaux; le simple énoncé fait plus haut du corps introduit (le carbonate de baryte) et des corps engendrés (le sulfate de baryte et le carbonate de chaux) est de nature à inspirer toute confiance et toute quiétude aux propriétaires de générateurs à vapeur.

M. Asselin résume ce qu'il vient de dire en conseillant aux industriels soucieux de leurs intérêts pécuniaires, l'emploi du carbonate de baryte artificiel qui se présente avec les recommandations suivantes : abondance suffisante, bas prix relatif, aucune entrave émanant soit de brevets, soit de spécialités commerciales; innocuité absolue dans ses relations; et enfin, la haute autorité du nom évoqué tout à l'heure.

M. Derennes dit que les renseignements fournis par M. Asselin sur le bas prix actuel du carbonate de baryte précipité peuvent faire reprendre un procédé ancien d'épuration des eaux, qui est très commode et consiste à sursaturer, par un acide étendu, le carbonate de chaux contenu dans les eaux : on a ainsi une eau acidulée pouvant présenter des inconvé-

nients à cause de l'excès d'acide; pour les éviter, on la fait passer sur du carbonate de baryte, l'acide est saturé et il se forme du chlorure de baryum qui réagit sur le sulfate de chaux. On peut mettre, dans l'eau, un excès d'acide chlorhydrique, proportionné à la quantité de sulfate de chaux.

M. Edmond Roy dit qu'il est préférable d'épurer les eaux avant de les envoyer dans la chaudière, car les dépôts intérieurs, qu'ils soient mousseux ou pulvérulents, peuvent occasionner des coups de feu.

M. le Président est parfaitement d'accord avec les orateurs qui viennent de discuter la question d'épuration des eaux. Il s'agit en somme de deux questions et problèmes tout à fait différents. Les solutions indiquées par M. Carcenat s'appliquent uniquement à l'épuration avant l'alimentation ; toutes les fois que la Compagnie du Nord peut recourir à ce procédé, elle alimente ainsi non seulement ses locomotives, mais aussi ses machines fixes. Lorsque l'épuration n'est pas installée dans une gare armée de machines fixes, elle a recours, comme tous les industriels et administrations, à des produits spéciaux pour atténuer l'influence fâcheuse des dépôts et matières étrangères introduits par l'alimentation dans les chaudières. Mais cette question n'est pas traitée dans le mémoire dont il vient d'être donné lecture, et elle mérite une étude speciale que le temps nous empêche d'aborder utilement en ce moment.

M. P. Regnard ne s'associe pas aux conclusions de M. Asselin en ce qui concerne les dépôts de boue, qui peuvent être quelquefois l'occasion d'inconvénients plus graves que les incrustations solides. Il cite, à l'appui de son opinion, ce qui s'est passé dans une usine : les chaudières. d'une construction irréprochable, ont successivement présenté des fuites et toute la batterie a été mise hors de service. Il n'y avait pas d'incrustations, mais un dépôt de boue qui n'était autre chose qu'un savon calcaire produit par les sels renfermés dans l'eau et décomposés par les matières grasses provenant des machines. Dans cette usine, on employait l'eau de condensation et des graisses, provenant des cylindres. étaient entraînées par l'eau d'alimentation.

Si l'on prend une poignée du dépôt boueux séché, à l'état de poussière impalpable, et si on plonge cette matière dans l'eau, on a un critérium immédiat de son plus ou moins d'innocuité. Si la poudre boit l'eau et se mouille rapidement, aucun danger. Si, au contraire, elle reste sèche, refusant, comme la poussière de lycopode, de se laisser mouiller par l'eau, le danger est très grand !

Chaque fois, en effet, qu'on arrête la chaudière, la boue vient se déposer au fond, et, à la remise en marche, il n'y a plus contact entre l'eau et la tôle; par suite celle-ci peut rougir et il peut se produire des accidents.

Il y a peut-être là l'explication de bien des accidents dont la cause est ignorée et qui se produisent souvent peu après la reprise du travail.

M. Asselin reconnaît la justesse des vues de notre collègue M. Régnard, mais il fait remarquer que les eaux de condensation (celles qui ont émulsionné des matières grasses) constituent une alimentation spé-

ciale, absolument étrangère à celle faite par les eaux naturelles, la seule à l'ordre du jour pour le moment.

M. Carcenat fait observer que les accidents dont parlent MM. Asselin et Regnard paraissent en effet causés par l'introduction en grand excès, dans les chaudières, de matières grasses produisant des sortes de savons poudreux ou provoquant l'état sphéroïdal de l'eau; on doit, selon lui, attribuer ces accidents moins à l'emploi de l'eau de condensation, qui est toujours plus ou moins grasse, qu'à l'ignorance de certains chauffeurs qui graissent outre mesure leurs cylindres, ou au mauvais réglage de graisseurs dits automatiques, souvent abandonnés à des agents qui n'en comprennent pas bien le fonctionnement.

M. Fleury présente l'analyse d'un Mémoire sur la navigation sur le Rhône, en mer et dans les canaux, que M. F. Moreaux, notre regretté collègue, avait adressé à la Société quelque temps avant sa mort. Ce travail contient de nombreux et très intéressants renseignements pour ceux qui s'intéressent aux questions spéciales de la navigation.

M. le Président remercie M. Fleury d'avoir appelé l'attention des membres de la Société sur le beau travail de M. Moreaux, que beaucoup de nous pourront consulter avec intérêt et profit.

La séance est levée à dix heures et demie.

Séance du 17 octobre 1890.

Présidence de M. V. Contamin.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le plaisir d'annoncer que M. Thibaut abandonne deux bons et M. Robineau, un bon, dont le montant sera affecté à la reconstruction de l'hôtel. Il les remercie, au nom de la Société, de ce témoignage de sympathie.

M. le Président dit que notre collègue, M. Grosseteste, a adressé à la Société, au nom d'un groupe d'Ingénieurs de la région alsacienne, une médaille frappée à l'effigie de M. Gustave-Adolphe Hirn, ancien membre honoraire décédé; il le remercie de cette nouvelle preuve d'estime et de bonne amitié ajoutée à celles, si nombreuses, que nous a déjà données notre savant et regretté collègue. La lettre qui accompagnait cet envoi est ainsi conçue :

« Mulhouse, le 8 octobre 1890.

» Monsieur le Président,

» J'ai l'honneur de vous faire remettre, pour la Société des Ingénieurs civils, une médaille frappée à l'effigie de Gustave-Adolphe Hirn, à l'occasion d'une manifestation organisée par des compatriotes, auxquels se

sont joints des amis, des admirateurs du savant Ingénieur auquel la Société des Ingénieurs civils avait décerné le titre de membre honoraire.

» C'est au nom des adhérents de cette manifestation que j'ai l'honneur de vous adresser ce souvenir d'un savant, dont la mémoire mérite d'être conservée.

» J'y ai joint une publication dans laquelle vous verrez quelle idée a présidé à cette manifestation : celle-ci devait s'adresser à Hirn de son vivant, et pour cela elle est restée dans des limites trop restreintes, imposées par le caractère si plein de modestie de celui que nous voulions honorer.

» Je vous prie, Monsieur le Président, d'agréer l'expression de mes sentiments de haute considération.

» Pour le Comité :
» W. Grosseteste. »

M. le Président donne la parole à M. Émile Bert, pour présenter une analyse de l'ouvrage de M. Léon Walras : *Éléments d'Économie politique pure.*

M. Emile Bert dit que M. Léon Walras, qui est l'un des plus éminents professeurs de l'Université de Lausanne, étudie dans son ouvrage les questions d'Économie politique pure, c'est-à-dire la détermination des prix sous un régime hypothétique de libre concurrence et de liberté absolue en matière d'échange, de production et de capitalisation, en les traitant par une méthode nouvelle et intéressante, dont le défaut principal est de nécessiter beaucoup de travail et d'efforts pour suivre son raisonnement. En se basant sur cette idée que les théories d'économie politique pure sont des théories mathématiques dont l'exposition peut s'en faire dans le langage ordinaire, mais dont la démonstration doit s'en faire mathématiquement, M. Léon Walras établit les lois de l'Économie politique sous forme de théorèmes.

M. Émile Bert avait préparé une analyse de cet ouvrage, mais comme M. Walras, qui se trouve de passage à Paris, assiste à la séance, il pense qu'il fera l'exposition de sa méthode avec plus de clarté et de compétence, et il prie M. le Président de vouloir bien lui accorder la parole en son lieu et place.

M. le Président dit que la Société sera heureuse d'écouter M. Walras qui lui fait l'honneur de venir de Lausanne exposer les principes sur lesquels il se base pour traiter par le calcul et l'analyse les questions d'Économie politique, questions d'un si grand intérêt en ce moment de transformation des conditions du travail dans toutes les branches de notre production nationale.

M. Walras dit qu'il croit préférable de substituer à une analyse de son ouvrage, qui serait nécessairement assez longue et toujours un peu obscure, une communication qui donnera, à ce qu'il espère, une idée exacte de sa méthode, tout en ne réclamant qu'un espace de temps plus limité. Il s'agit d'un procédé qu'il a trouvé pour élaborer la théorie de l'échange de plusieurs marchandises entre elles, sans se priver du secours de la représentation géométrique.

A cet effet, il prend, entre tous, un échangeur pourvu de quantités données de marchandises, et, ayant de ces marchandises des besoins donnés, et il détermine les quantités à demander ou à offrir de chacune de ces marchandises en vue de la satisfaction minima.

Supposant ensuite tous les prix constants, sauf celui d'une des marchandises, il montre comment il faut faire varier ce dernier prix entre zéro et l'infini, pour amener l'égalité de l'offre et de la demande totales effectives, et démontre ainsi la loi d'établissement des prix courants.

M. Walras explique que ses efforts pour établir rigoureusement cette loi ont étonné divers critiques, et il profite de cette occasion pour marquer la différence entre l'école littéraire d'économie politique qui ne démontre pas et l'école scientifique, qu'il espère voir se fonder ensuite, qui démontrera rigoureusement ses principes fondamentaux, comme cela se fait dans les sciences exactes, en vue de leurs applications industrielles.

M. le Président remercie M. Léon Walras, au nom de la Société, qui a écouté avec intérêt les nouvelles théories qu'il vient d'exposer.

M. Polonceau demande à donner communication d'un passage d'une lettre de M. Léon Say, secrétaire perpétuel de la Société d'Économie politique de France :

« Il est aujourd'hui prouvé que la lecture des états de douanes ne four- » nit que les renseignements les plus erronés sur les compensations des » grandes affaires du monde. Ce qui joue le plus grand rôle dans les » compensations internationales ce sont, d'abord, les titres, valeurs de » sociétés ou valeurs d'Etats, dont le mouvement est incessant, et qui » constituent le plus important des articles d'importation ou d'exportation » des pays riches ou pauvres. La complexité de ces opérations est, en » outre, considérablement accrue par les affaires de change préalables ou » postérieures qui les accompagnent toujours. »

Bien que cette lettre, connue d'un certain nombre de nos collègues, soit un peu étrangère au sujet traité par M. Walras, il a pensé qu'il était bon de la mentionner dans notre *Bulletin*, car les questions d'Économie politique ont fait, chez nous, l'objet d'une longue discussion au mois d'avril dernier.

M. Fleury pense que M. Léon Say ne prétend pas que les chiffres donnés par la douane sont inexacts et incomplets ; mais il estime que dans l'étude des échanges internationaux, il n'y a pas seulement à considérer la quantité de marchandises qui passent par la douane, mais aussi les capitaux qu'un pays a placés chez un autre et que n'enregistre pas la douane. Or, s'il en est ainsi, M. Emile Bert dans un sens et lui dans un autre n'ont point négligé de tenir compte de cet élément au cours de la discussion qui a eu lieu ici.

M. le Président ouvre la discussion sur les communications faites par MM. Mallet, Durand et Lencauchez, sur le *Principe compound et son application aux locomotives;* il donne la parole à M. Pulin.

M. Pulin dit que les documents complets renfermés dans les diverses communications faites à la Société sur les locomotives compound, sont

de nature à donner une idée exacte de l'état de cette question. Le mémoire de M. A. Mallet, notamment, dans lequel notre collègue a décrit avec sa haute compétence les origines et le développement du fonctionnement compound appliqué aux locomotives, rectifie certaines erreurs de fait ou d'appréciation et envisage cette importante question sous les aspects les plus divers et les plus intéressants.

D'autre part, toutes les objections qu'il est possible de présenter ont été récemment reproduites, et l'utilité de la discussion actuelle paraît surtout consister dans l'examen des faits qui peuvent être de nature à éclairer le débat.

C'est surtout à ce point de vue, dit M. Pulin, que j'ai l'intention de me placer en complétant par quelques renseignements pratiques nouveaux ceux que j'ai déjà fournis dans mon mémoire de 1889.

On est généralement porté à ne trouver aux locomotives compound qu'une seule raison d'être : l'utilisation plus complète de la détente ; un seul avantage : l'économie brute de combustible. Les autres points de vue se trouvent ou négligés ou peu étudiés. Il est facile de s'en convaincre en se reportant à l'intéressant exposé de la question des locomotives compound présenté l'année dernière au Congrès des chemins de fer, par notre collègue, M. Parent, qui, en rapporteur impartial, a fidèlement reproduit dans ses conclusions les opinions les plus répandues.

En ce qui concerne l'économie de charbon, je me bornerai à dire que si, d'une part, elle semble ne devoir être négligée à aucun degré, ce combustible devenant de plus en plus précieux malgré l'abondance de ses gisements, elle est, d'un autre côté, difficile à évaluer dans bien des cas, et doit être considérée comme l'indice plutôt que la mesure de l'économie de la vapeur.

Au sujet de l'augmentation de la détente, il n'est pas inutile de rappeler que le taux de l'expansion dépend seulement du volume de la vapeur introduite à chaque coup de piston dans la machine, qu'elle soit compound ou non, et du volume final qu'elle occupe au moment où l'échappement s'ouvre, ou ce qui revient à peu près au même, du volume des cylindres dans lesquels la vapeur a travaillé en dernier lieu.

Prenons, par exemple, les locomotives à grande vitesse de la Compagnie du Nord, ayant de construction des chaudières timbrées à 10 *kg* et des cylindres de 432 *mm* de diamètre avec 610 *mm* de course. Leur effort maximum de traction a commencé, il y a quelques années, à paraître insuffisant à cause de l'augmentation simultanée du poids et de la vitesse des trains. On a augmenté le diamètre des cylindres d'abord en les alésant puis en les remplaçant, de manière à parvenir au diamètre de 460 *mm*. D'autre part, on a porté le timbre des chaudières à 11 *kg*. Trois machines se trouvent, depuis peu de temps, avoir subi les deux modifications. Or, la locomotive compound à 4 cylindres n° 701 a précisément des cylindres de basse pression de 460 *mm* avec course de 610 *mm*, et sa chaudière est timbrée à 11 *kg*, de sorte qu'elle utilise la détente dans les mêmes conditions que trois machines ordinaires modifiées faisant le même service et peut leur être comparée utilement. D'après les consommations moyennes de charbon par kilomètre pendant ces derniers mois, la locomotive compound a réalisé une économie de

20 0/0 sur l'ensemble des trois autres et de 9 1/2 0/0 par rapport à la plus économique de ces trois machines.

A ne considérer que ce dernier chiffre on voit que l'économie du charbon due au fonctionnement compound ne saurait être attribuée uniquement à l'emploi d'une détente plus prolongée ou d'une pression plus élevée. M. Pulin ne voudrait pas qu'on pût tirer de ce fait une conclusion qu'il ne renferme pas. Ce résultat économique est certain, bien que les chiffres cités plus haut puissent se trouver un peu modifiés par la comparaison de la locomotive compound avec un plus grand nombre de machines ordinaires de son dépôt. Or, cela ne veut pas dire que l'augmentation de pression et de volume des cylindres de ces derniers n'ait pas été avantageuse au point de vue du travail de la détente; mais on doit admettre que cet avantage a été compensé par une plus grande condensation à l'admission résultant de ces nouvelles conditions de marche.

La comparaison que je viens de faire entre la locomotive compound à quatre cylindres n° 701 et les machines ordinaires du même dépôt qui marchent dans les mêmes conditions de pression et de détente, confirme pleinement les résultats obtenus jusqu'ici avec cette machine par cinq mécaniciens qui l'ont conduite successivement pendant de longues périodes, en réalisant toujours la même économie de charbon de 7 0/0 au moins par rapport à la locomotive la plus économique entre celles faisant le même service. Je dois à ce propos signaler un malentendu résultant d'une interprétation erronée : on fait ressortir parfois, à propos de cette faible économie, l'écart beaucoup plus considérable qui existe, sans aucun doute, entre les consommations de locomotives identiques d'un même dépôt; les causes en sont très complexes, et c'est précisément pour ce motif que l'économie due à un système spécial de fonctionnement est très difficile à évaluer exactement, surtout lorsqu'une seule machine en est pourvue; en tous cas, il est évident qu'on ne doit établir aucune comparaison entre cette différence extrême de consommation des machines ordinaires et l'économie proprement dite évaluée rigoureusement comme je viens de le dire. Cette modeste économie de charbon de la locomotive 701 est d'autant plus à considérer qu'on doit l'attribuer exclusivement à une meilleure utilisation de la vapeur dans les cylindres principalement lorsque la machine développe un grand travail, ce qui lui permet de se tenir plus longtemps en vitesse sur les points difficiles de la ligne.

Il faut bien remarquer que les perfectionnements de toutes sortes proposés depuis quelques années pour améliorer la production ou l'utilisation de la vapeur dans les locomotives, perfectionnements dont l'Exposition de 1889 présentait de nombreux exemples, ne procurent, même lorsqu'ils réussissent, qu'une partie des avantages obtenus avec le fonctionnement compound. Tels sont, en particulier, les appareils qui font l'objet de l'important mémoire de MM. Durant et Lencauchez et qui sont encore dans la période des expériences restreintes. Telles sont aussi les distributions perfectionnées de MM. Marcel Deprez et Jules Garnier, Bonnefond, Durant et Lencauchez.

Ces deux dernières distributions, d'invention relativement récente,

ne peuvent être encore bien jugées dans leurs résultats pratiques ; celle de MM. Deprez et Garnier, dite distribution elliptique, a été appliquée en 1873 à une locomotive mixte de la Compagnie du Nord. Elle a fourni pendant trois ou quatre ans des résultats nettement économiques dus certainement à une atténuation prononcée du laminage de la vapeur à l'introduction, et à une prolongation de la détente. Ces avantages, joints à une certaine réduction du volume des cylindres pour un travail donné par coup de piston, sont les seuls qu'on puisse attendre des distributions perfectionnées en échange de la complication réelle qu'elles entraînent inévitablement. La complication, qui se rencontre aussi et d'une manière plus sérieuse dans les appareils dont MM. Durant et Lencauchez nous ont entretenus, est une des grosses objections faites à l'application du principe compound aux locomotives.

« Le nombre des articulations, disent nos collègues en parlant de leur » distribution, est augmenté ; il n'en peut être autrement, mais nous ne » pensons pas que cette petite complication soit comparable à celles qui » résultent des dispositions compound et autres qui ont été jusqu'à pré- » sent essayées dans le but de mieux utiliser le travail de la vapeur. »

M. Pulin applaudit sans réserves aux travaux de nos collègues, à leur persévérance, à leurs expériences dont il connait les difficultés, mais il ne peut souscrire à une pareille conclusion de leur mémoire. Il le peut d'autant moins que la question de la complication étant intimement liée à celle d'entretien, la locomotive compound à quatre cylindres n° 701 fournit à ce nouveau point de vue des indications très nettes ; bien que pourvue de quatre tiroirs de distribution, elle en a usé sept seulement pendant son parcours total de 190 000 *km*, tandis que les locomotives ordinaires à deux cylindres faisant le même service en ont usé le double en moyenne.

Cette question de remplacement des pièces très sujettes à usure est fort importante, car il faut y voir non seulement la dépense, mais encore le préjudice causé au service de la traction par l'arrêt imprévu des machines. On peut signaler, à ce propos, l'inconvénient de remplacer fréquemment certaines garnitures de tiges de pistons et de tiroirs, dont la durée pourrait être prolongée, et qu'il faut enlever par morceaux pour remplacer les tiroirs et les segments de pistons.

Au cours d'une moyenne réparation subie par la locomotive 701 en 1888, après un service de près de deux ans, réparation qui portait principalement sur le châssis et les roues, il a été constaté que les pièces du mouvement avaient, en général, peu d'usure ; c'est un mécanisme qui *travaille bien*.

« En résumé, dit M. Pulin, la locomotive compound 701 est de construction simple, malgré la présence de ses quatre cylindres et l'indépendance des distributions. Durant ses trois années de roulement, elle n'a éprouvé aucune interruption de service pouvant être attribuée de près ou de loin à son système. Le fonctionnement compound, qui permet d'augmenter l'expansion sur les locomotives, tout en marchant avec des admissions prolongées dans chaque cylindre, en évitant de marcher dans le voisinage du milieu de la coulisse, et sans craindre de compromettre le bénéfice de cette plus grande détente par des condensations

anormales ; qui, en outre, permet de placer les pièces les plus sujettes à usure dans de meilleures conditions de durée, constitue une véritable évolution de la locomotive, et ne semble plus présenter dans son étude que des difficultés de détail qui peuvent être, dans chaque cas, définitivement résolues.

Enfin, il paraît suffisamment établi que l'emploi des hautes pressions n'est pas, à beaucoup près, la seule cause des économies réalisées par les locomotives compound ; il est plus exact de dire que ces deux progrès se sont manifestés en même temps, les locomotives compound se trouvant d'ailleurs, sous tous les rapports, plus aptes que les autres à bien utiliser les pressions élevées.

Il est à peine besoin de vous dire que mon opinion a tout juste la valeur d'une opinion personnelle. J'ai cherché à l'appuyer sur des faits pour la mieux justifier devant vous. »

M. le Président remercie M. Pulin des considérations si bien présentées qu'il vient de développer pour montrer les procédés employés par la Compagnie du Nord, dans le but d'augmenter la puissance de traction de ses machines et de diminuer leur consommation en charbon et en eau. Cet exposé établit une solution différente de celle en cours d'essai à la Compagnie d'Orléans pour résoudre le même problème et, de ce fait, présente un intérêt tout particulier.

M. Polonceau a ensuite la parole et dit que s'il est une question qui, suivant lui, ne doit aucunement passionner, c'est bien certainement celle de la locomotive compound : c'est une question essentiellement technique, et c'est à ce point de vue qu'il l'a toujours envisagée dans toutes les études que lui a suggérées l'intérêt qu'elle offre pour tout Ingénieur.

S'efforçant toujours d'être strictement impartial, et c'est là une qualité qu'exige par-dessus tout une discussion sérieuse d'ordre quelconque, il n'a jamais cherché à mettre de côté les avantages qu'il relevait en faveur du système compound ; par contre, il a bien dû signaler aussi les inconvénients qu'il présentait à son sens, ainsi que les doutes que pouvaient lui inspirer certains résultats proclamés d'un côté ou d'un autre. Et, en agissant ainsi, son but était toujours autant d'être utile à tous ceux qu'intéressent les questions techniques de ce genre, — et ils sont nombreux, — que de s'éclairer lui-même et de se faire une conviction sur cette théorie.

Or, l'idée générale qui lui est restée après l'examen des travaux entrepris un peu partout dans le but d'obtenir d'une façon ou d'une autre des machines locomotives le travail le plus économique possible, cette idée qui constitue son opinion personnelle se formule simplement de la façon suivante :

« Il n'est point prouvé jusqu'à présent qu'étant donnée une locomotive » compound, il ne soit pas possible de construire une locomotive non » compound remorquant la même charge à la même vitesse et ne dé» pensant pas plus de combustible.

» Aussi longtemps que le contraire n'aura pas été démontré, tout en » ne refusant aucunement à la locomotive compound certains avantages

» que j'ai eu l'occasion de lui reconnaître à diverses reprises, je préfé-
» rerai toujours la locomotive non compound qui a le grand avantage
» de sa grande simplicité par laquelle elle est conforme à cette formule
» de Watt toujours aussi vraie : « En toute chose, et surtout en méca-
» nique, il faut rechercher la simplicité. »

Les opinions au sujet du principe compound appliqué aux locomotives sont toujours partagées, et pour le montrer encore et donner en même temps à ce sujet l'avis et les résultats d'expériences d'Ingénieurs étrangers très distingués, il donne lecture de deux lettres fort intéressantes :

Voici la première, de notre éminent collègue et ami M. Webb :

« London and North Western Railway, locomotive department, Crewe,

» Mon cher monsieur,

» Je vous suis très obligé d'avoir été assez bon pour m'envoyer votre
» travail sur les machines compound. Nous faisons maintenant de
» grands progrès avec le système compound sur notre ligne, et vous
» apprendrez avec plaisir que nous avons pu dernièrement simplifier
» beaucoup la machine en mettant un changement de marche automa-
» tique au cylindre à basse pression, abandonnant la distribution Joy.
» actionnée par la bielle motrice, de telle façon que le machiniste n'a à
» s'inquiéter que de la distribution de son cylindre à haute pression. Le
» diagramme et les détails ci-inclus de longs parcours réalisés dernière-
» ment par une de nos machines compound, la « Teutonic », sortant de
» l'atelier, faisant 50 000 milles en service ordinaire peuvent vous inté-
» resser. Vous remarquerez qu'elle a fait le parcours de 1 200 milles sans
» jeter son feu et sans laisser tomber sa pression.

» Veuillez, agréer, etc.,

Signé : F.-W. WEBB.

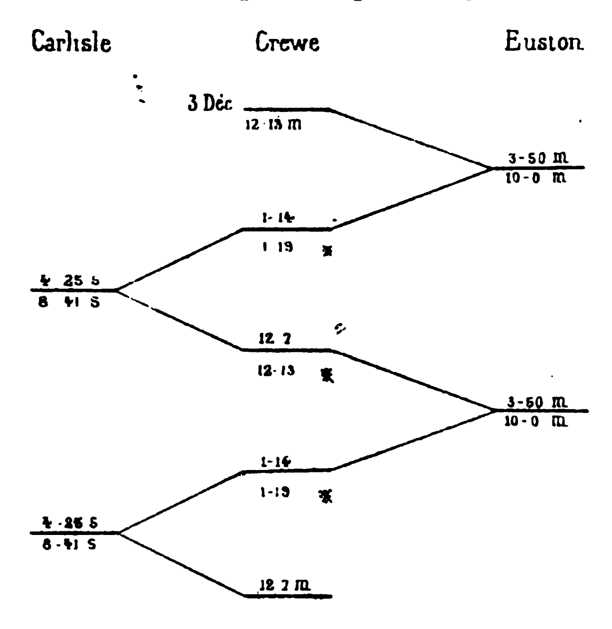
Parcours de 1 200 milles (1 930 *km*) sans interruption, par la machine compound n° 1 301 « Teutonic » L. et N.-W. Rly.

Cette machine est du type compound à trois cylindres : elle a deux cylindres à haute pression de 14" (0,3556 *m*) de diamètre, 24" (0,6096 *m*) de course, et un cylindre à basse pression de 30" (0,762 *m*) de diamètre et 24" (0,6096 *m*) de course.

Diamètre des roues du milieu et d'arrière.	7'0"	2.140 *m*
Diamètre de la chaudière à l'extérieur de la virole du milieu.	4'3"	1,300 *m*
Longueur du corps cylindrique	11'0"	3,360 *m*
Epaisseur de la tôle.	1/2"	0,0126 *m*
235 tubes, diamètre extérieur	17/8	0,0486 *m*
Pression de la chaudière	175 ibs.p.pi^2	12,5 *k*
Surface de chauffe : Tubes.	1 242,4 pi^2	112,6 m^2
Foyer.	159,1	15,3
Total	1 405,5	127,9
Surface de la grille.	20,5	1,86 m^2

Poids de la machine en feu : 45^t 10^{cwt}, soit 45,500 *t*.

Le 3 décembre dernier, cette machine a commencé une tournée de 1 200 milles, soit 1 930 *km*, représentée par le diagramme ci-dessous :



✱ *Changement d'Equipes*

Ce parcours a été fait sur un seul allumage, sans jeter le feu, par les machinistes P. Robinson et W. Elliott, et les chauffeurs C. Stretch et J. Stockton, qui tous sont en résidence à Crewe ; le changement des équipes s'est fait comme on peut le voir plus haut ; la machine est restée en marche 24 heures 57′, ce qui donne une vitesse de 78 *km*.

La machine a été en dehors du dépôt pendant 47 heures 53′, ce qui donne une vitesse moyenne, pendant tout le temps qu'elle a été dehors, de 42 *km* à l'heure.

La quantité de charbon prise a été la suivante :

3	décembre	à Crewe	3,000 *t*
	—	à Camden	4,000
	—	à Carlisle.	5,700
4	—	à Camden	4,000
	—	à Carlisle.	2,600
		Total.	19,300 *t*

moins 1 *t* restant sur le tender à l'arrivée, le 4 décembre à Crewe, soit une consommation de 18,3 *t*, soit 9,6 *kg* par kilomètre.

La vitesse normale a été maintenue pendant toute la tournée. Les charges ont été les suivantes :

3 décembre	12.13 m.	Crewe à Euston . . .	12 1/2
—	10.0 m.	Euston à Crewe . . .	10 1/2
—	—	Crewe à Carlisle. . .	9 1/2

3 décembre	8.41 s.	Carlisle à Warrington	13
4 —	—	Warrington à Euston.	14
—	10.0 m.	Euston à Carlisle. . .	11 1/2
—	8.41 s.	Carlisle à Warrington	13
—	—	Warrington à Crewe .	14

Depuis le mois d'avril 1889, époque à laquelle la machine a été mise en service, elle a parcouru 50 905 milles (82 000 *km*) et, pendant la semaine qui a précédé sa tournée de 1 200 milles (1 930 *km*), elle a fait le service régulièrement de Crewe à Euston, puis à Carlisle, puis à Crewe, soit un total de 600 milles (965 *km*) tous les deux jours. La machine était conduite par les mêmes équipes qui changeaient à Crewe ; elles continuent à faire ce service tous les deux jours, alternant avec la machine sœur « Océanie ».

Signé : F.-W. Webb.

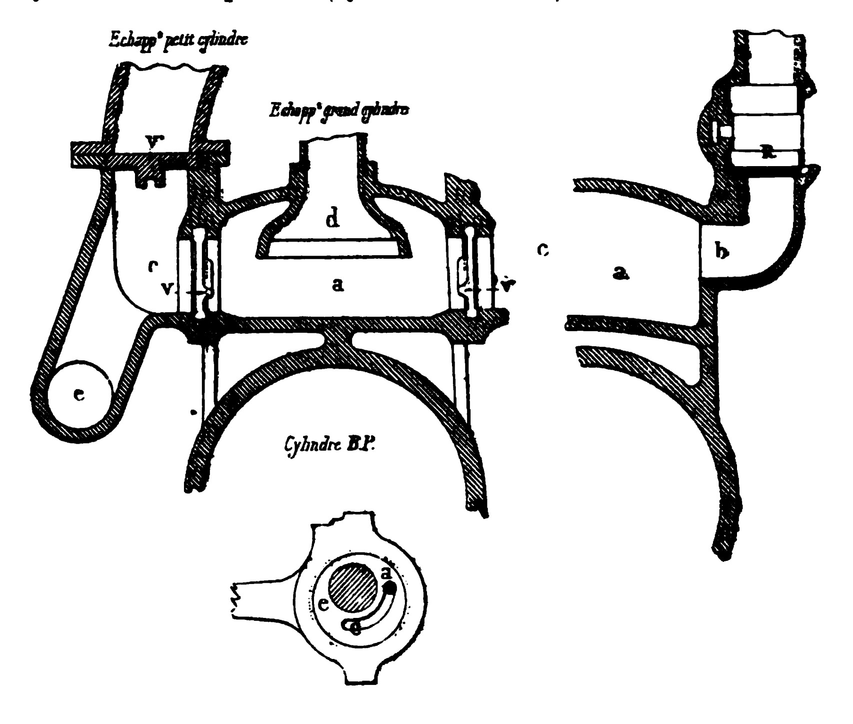
Ces résultats obtenus avec les machines déjà bien connues de M. Webb sont dignes d'attention ; ce laborieux Ingénieur ne s'en tient pas là et, soucieux de les améliorer sans cesse, apporte à sa locomotive compound des perfectionnements dont M. Polonceau donne une description sommaire.

Ces modifications ont trait :

1° A la tuyauterie ;

2° Au mécanisme du cylindre à basse pression.

1° *Modifications à la tuyauterie.* — Les tuyaux *e* d'échappement des cylindres à haute pression (cylindres extérieurs) débouchent dans des cu-



lottes c symétriques par rapport à la boîte à tiroir a du grand cylindre et munies de deux valves :

l'une v de communication avec la boîte à tiroir, l'autre v' de communication avec l'atmosphère.

Sur la boîte à tiroir a est branchée une troisième conduite b d'amenée de vapeur directe par un régulateur auxiliaire R.

Les valves v v, v' v', et le régulateur R sont reliés à un même levier de commande pouvant, suivant la position qu'on lui donne, déterminer.

1° Marche en compound :

Valves v' v' fermées, valves v v ouvertes, régulateur R fermé ; l'échappement se fait en entier par le disque d, sous lequel le tiroir du grand cylindre est équilibré.

2° Marche à pleine pression :

Valves v v fermées, valves v' v' et régulateur R ouverts ; l'échappement se fait par d pour le grand cylindre, par v' v' pour les petits.

2° Modifications au mécanisme.

L'excentrique e de commande du tiroir à basse pression est mené par un toc a coulissant dans une rainure c sur un arc de 90° et, en cas de changement de marche aux cylindres principaux, ne reprenant la conduite de l'excentrique e qu'après avoir décrit cet arc de 90°.

D'ailleurs, un coulisseau spécial par lequel l'excentrique commande le tiroir permet de faire varier à volonté l'admission au grand cylindre.

Cette disposition est appliquée à la machine exposée cette année à Edimbourg par M. Webb.

La distribution des cylindres H. P. se fait par tiroirs Trick ; l'essieu coudé et l'essieu arrière sont chargés par ressorts à spirales, l'essieu avant est à boîtes radiales Webb.

Le timbre de la chaudière est de 12,5 *kg* ; les grandes roues ont 2,16 *m* de diamètre.

L'autre lettre est de notre collègue, M. Cleminson, qui, trouvant au contraire que le principe compound n'inspire pas une entière confiance, préfère apporter aux machines d'autres modifications :

« Cher Monsieur,

» J'ai l'honneur de vous accuser réception de votre lettre du 23 cou-
» rant, ainsi que d'un extrait de votre mémoire sur les machines loco-
» motives compound, lu à la Société des Ingénieurs civils de France.

» Je tiens à vous remercier très sincèrement d'avoir bien voulu, en
» cette occasion, me permettre d'apprécier la façon remarquable dont
» vous traitez cet important sujet.

» J'ai constaté avec beaucoup d'intérêt que vos vues au sujet des loco-
» motives compound ne sont pas pleinement favorables à ce principe.
» Mon opinion est complètement d'accord avec celle que vous exprimez
» si clairement dans votre mémoire.

» Je suis Ingénieur en chef de plusieurs chemins de fer situés dans
» différentes parties du monde, où le combustible est un élément de dé-
» pense très important.

» Dans le but d'introduire sur ce point quelque économie, j'ai abordé

» le sujet sans avoir de préférence soit pour le système compound, soit
» pour aucun autre, et avec la conviction que, s'il était possible d'arri-
» ver à l'économie désirée de première main, cela vaudrait mieux que
» de la produire de seconde main, comme dans les machines compound.

» Je veux dire qu'on réalise l'économie de première main, en agissant
» directement sur le combustible dans le foyer, tandis qu'on agit de
» seconde main sur la vapeur, élément fugitif, après la combustion du
» charbon.

» Ceci posé, je puis constater qu'au moyen d'un tuyau d'échappement
» bien étudié, la chaleur d'une quantité donnée de charbon est plus
» également distribuée sur la surface des tubes de la chaudière, d'où
» résulte une plus grande production de vapeur par livre de charbon.

» Les expériences faites dans ce sens tendent à montrer qu'au prix de
» quelques francs l'échappement peut être amené à réaliser ces condi-
» tions.

» Cependant, en ce qui concerne le système compound, le combustible
» ayant été consumé, nous devons agir sur un élément dont une partie
» peut s'échapper en pure perte par les soupapes de sûreté et dont une
» autre partie peut être utilisée à haute pression dans les cylindres dé-
» tendeurs aussi bien que dans les cylindres à haute pression, jusqu'au
» moment où l'action d'une disposition compound s'établit.

» Et cela n'est obtenu qu'après l'introduction de grandes complications
» dans la machine elle-même et de plus grands frais d'entretien dès le
» début.

» Les résultats d'expériences faites avec l'échappement précité embras-
» sant une longue période, montrent que l'économie est presque égale à
» celle qui dérive de l'emploi du compound.

» De plus, l'économie est absolument directe au lieu d'être indirecte
» et, dans une certaine mesure, incertaine comme avec le compound.

» Dans ces circonstances, je suis d'avis que, quel que soit le résultat
» que puisse donner la locomotive compound en fait d'économie, la vraie
» voie à suivre consiste à perfectionner l'échappement autant que pos-
» sible, avant de s'abandonner au principe compound.

» Dans ce pays, nous avons deux écoles parmi nos Ingénieurs de
» chemins de fer : l'une défendant le compound, l'autre défendant le
» perfectionnement de l'échappement ; et, comme conséquence de cet
» état de choses, il est à regretter qu'aucune expérience n'ait été faite
» avec les deux principes combinés, ce qui, j'incline à le croire, produi-
» rait des résultats satisfaisants.

» Mais il est difficile d'amener les deux écoles à concilier leurs diver-
» gences et à travailler ensemble.

» En somme, comme je suis appelé à prendre définitivement parti au
» sujet de la réalisation d'économies sur la consommation de combus-
» tible, de même que vous je ne suis pas enclin à mettre le système
» compound en tête de mon programme. Je tiendrai plutôt à commen-
» cer par développer l'échappement à cause de son effet économique
» brut sur la consommation du combustible, et, en même temps, à lais-
» ser le principe compound, qui est loin d'être parfait, jusqu'à ce que de
» nouveaux perfectionnements montrent qu'il mérite adoption.

» Et cela surtout dans des cas pareils au mien, où il n'existe aucune » facilité d'obtenir et de dresser des mécaniciens assez intelligents pour » qu'on puisse leur confier autre chose qu'une machine excessivement » simple.

» S'il vous plaisait de pousser plus loin vos investigations sur les ma- » chines compound, et si, en chemin, vous rencontriez d'autres résultats » intéressants, je vous serai redevable de beaucoup si vous avez la bonté » de me faire bénéficier de votre expérience. Mais, pour ma part, j'aurai » plaisir à vous communiquer de temps en temps mes résultats.

» Je vous prie, cher Monsieur, de recevoir l'assurance, etc.

» J. Cleminson,

» *Ingénieur en chef des chemins de fer Buenos-Ayres et Pacifique,* » *Bahia Blanca et Nord-Ouest, Villa Maria et Rufino, Plar et Cam-* » *pana, Rufino et Bahia Blanca (République Argentine); Bahia et* » *San Francisco, Timbo (Brésil); Sierra Moyada (Mexique); Taku* » *et Tientsin (Chine), etc., etc.* »

M. Polonceau dit qu'il a tenu à donner communication de ces deux lettres exprimant sur ce même sujet l'opinion de deux Ingénieurs d'une compétence indiscutable, pour montrer que partout, de même que chez nous, le principe compound appliqué aux locomotives a ses partisans et ses adversaires.

Puis, il termine ainsi : « Contrairement à ce que beaucoup semblent » croire, ce n'est pas au nombre de ces derniers qu'il faut me ranger; » je n'attends, au contraire, pour me déclarer comme appartenant aux » premiers, que le moment où j'aurai pu me rendre à l'évidence de la » supériorité de la locomotive compound constatée comme je l'ai dit en » commençant.

» Ce que tout le monde recherche, c'est l'économie dans l'obtention » de la force motrice; différents chemins, différentes solutions peuvent » conduire au même résultat, notamment peut-être l'application du sys- » tème compound aux locomotives et la modification de la distribution » ordinaire par coulisse et tiroir unique.

» J'ai fait, moi aussi, soit durant mon séjour à la Société des chemins » de fer autrichiens, soit à la Compagnie d'Orléans, des recherches dans » cette première voie : elles m'ont donné des résultats assez peu encou- » rageants.

» Mon prédécesseur, M. V. Forquenot, avait fait de nombreux essais » qui ne lui avaient pas paru encourageants, puisqu'il les avait aban- » donnés.

» Voyant, d'ailleurs, des recherches analogues poursuivies avec beau- » coup de zèle par divers de mes collègues du plus grand mérite, j'ai » porté mes vues sur les modifications à la distribution.

» Ainsi que j'ai déjà eu l'honneur de le dire, nos premiers essais ont » été peu satisfaisants; mais de nouvelles modifications apportées au » système primitivement employé l'ont considérablement amélioré, et » la machine n° 67, munie de la distribution de MM. Durant et Len- » cauchez, avec tiroirs indépendants, atténuant les pertes dues au lami-

» nage de vapeur, supprimant les inconvénients de la pression sur les
» tiroirs, etc., et rendant possibles de grandes détentes, donne actuelle-
» ment des résultats des plus satisfaisants.

» S'ils sont confirmés par une pratique suffisante, ces résultats me
» permettront d'affirmer — ce que naturellement je crois aujourd'hui —
» que la voie que nous poursuivons est la bonne.

» Si telle n'est pas la conclusion que nous pourrons tirer de nos essais;
» si, au contraire, la machine locomotive compound, étudiée par diffé-
» rents de nos collègues dont nous suivons les travaux avec le plus
» grand intérêt, se révèle comme définitivement supérieure aux autres.
» nous n'hésiterons pas un instant à l'adopter nous-mêmes, et nous ne
» serons pas les derniers à applaudir au mérite et à la persévérance des
» Ingénieurs qui en auront établi la suprématie. »

M. le Président fait remarquer combien l'attention, avec laquelle on vient d'écouter l'exposé fait par M. Polonceau, témoigne de l'intérêt apporté par la Société à cette importante question de l'amélioration des conditions de traction des machines; il le remercie des renseignements qu'il est venu ajouter à ceux qu'il a déjà donnés avec une si grande libéralité.

M. Roy fait observer que les expériences de M. Webb, citées par M. Polonceau, ont été faites dans des conditions tout à fait exceptionnelles et avec une machine dont la construction avait été spécialement soignée. Pour établir une comparaison entre la machine compound et une machine à cylindres simples, il faudrait avoir les mêmes chaudières, les mêmes surfaces de chauffe; les machines devraient être soumises au même service, et il ne devrait y avoir de différence que dans la disposition des cylindres.

M. Polonceau répond qu'il est toujours difficile de faire des expériences comparatives sur les locomotives, car on se heurte à des difficultés qu'on ne rencontre pas, par exemple, dans l'essai des machines marines. Suivant qu'une locomotive est conduite par un mécanicien ou par un autre, les résultats varient de 15 à 20 0/0.

M. Mallet dit que les lettres que M. Polonceau vient de lire renferment évidemment des renseignements pleins d'intérêt; mais il est permis de douter qu'elles apportent beaucoup de lumière sur la question en discussion. Comme l'a fait observer avec beaucoup de justesse M. Roy, les chiffres donnés par M. Webb sont surtout relatifs à l'utilisation des machines, utilisation qu'on peut considérer, dans le cas indiqué, comme exceptionnelle et qui n'a pas de rapport immédiat avec le système compound; ils prouvent tout au plus, ce qu'on savait depuis longtemps, que ce système est à la hauteur de toutes les exigences du service de la locomotion.

Quant aux perfectionnements apportés récemment par notre éminent collègue anglais à sa machine, et sur lesquels M. Polonceau vient d'appeler l'attention de la Société, M. Mallet, les ayant déjà signalés et discutés dans son mémoire, croit inutile de revenir actuellement sur ce point.

Pour ce qui concerne la lettre de M. Cleminson, M. Mallet a cru comprendre qu'elle traitait surtout de l'augmentation de la production de vapeur par l'amélioration de l'effet utile de l'échappement dans la cheminée ; s'il en était ainsi, elle n'aurait aucun rapport avec la question qui nous occupe, car la détente en cylindres successifs n'a pour objet que d'améliorer l'utilisation de la vapeur et n'a rien à voir avec sa production. Ce sont deux points qui doivent être séparés absolument, sous peine d'entraîner une confusion complète dans la discussion.

M. Mallet a cherché à réagir contre l'opinion trop accréditée que la locomotive à double expansion est toujours dans la phase de l'expérimentation. Ce n'est plus le cas dans beaucoup de pays. Il a, dans son mémoire inséré au Bulletin de juillet, indiqué différents exemples de commandes de machines de ce genre faites par vingt-cinq et trente à la fois. Il pourrait citer de nouveaux faits survenus depuis et conduisant à la même conclusion, c'est-à-dire que, dans beaucoup d'endroits, la locomotive compound est actuellement considérée comme une machine passée définitivement dans la pratique des chemins de fer.

Comment est-on arrivé à ce résultat ? Tout simplement par des expériences faites avec soin et qui ont conduit à la constatation de la supériorité économique de la machine compound. Ces expériences ne sont donc pas si difficiles à faire qu'on le croit généralement. Elles ont été faites de différents côtés, et on s'est efforcé d'éliminer aussi complètement qu'on l'a pu les influences étrangères. Nous trouvons dans nos Bulletins mêmes (septembre 1886) les remarquables expériences de notre collègue, M. de Borodine, qui ont conduit à l'adoption définitive de la locomotive compound non seulement sur les lignes Sud-Ouest Russes, mais encore sur toutes les lignes de la Russie, pour lesquelles on paraît ne plus construire aujourd'hui que des machines à double expansion.

Si, avec une locomotive qui ne diffère de ses congénères que par un excès de diamètre de 0,20 à 0,30 *m*, donné à l'un des deux cylindres, toutes les autres parties restant identiques, on obtient, dans des conditions de service exactement semblables, une économie de combustible pouvant aller à 15 et 20 0/0, on est bien obligé de reconnaître que cette économie n'est pas due au hasard ou à des circonstances qui ont été rigoureusement écartées de l'expérience, surtout si, comme c'est le cas, les essais se sont prolongés pendant une période embrassant plusieurs années.

Bien d'autres expériences analogues ont été faites depuis. Au chemin de fer de la Suisse Occidentale, une machine type Bourbonnais, transformée par le changement d'un seul de ses cylindres, a, dans les diverses sections de la ligne, sections comportant des profils très différents, toujours donné une économie très notable. Cette machine est en service depuis plus de deux ans.

La Compagnie du Jura-Berne, aujourd'hui fusionnée avec la précédente sous le nom de Jura-Simplon, a fait construire, dans le modèle qui figurait l'année dernière à l'Exposition, un certain nombre de machines, dont partie en compound, partie dans le système ordinaire, les machines étant d'ailleurs en tout semblables, sauf en ce qui concerne la dissymétrie des cylindres pour les compound. Or, non seulement la moyenne

de ces dernières donne une économie importante sur la moyenne des machines ordinaires, mais la compound qui dépense le plus consomme notablement moins que la machine ordinaire qui dépense le moins.

M. Mallet regrette de n'avoir pas apporté les relevés de consommation qui lui ont été envoyés récemment par M. l'Ingénieur en chef Rodieux et qui sont relatifs au dernier trimestre. On ne peut rien voir de plus concluant. Trouvera-t-on étonnant que des Ingénieurs qui ont été à même d'observer des faits de ce genre dans leur service soient devenus des partisans convaincus de la locomotive compound et en généralisent l'emploi dans leur service?

Il est difficile de ne pas être frappé de ce fait que, toutes les fois que la valeur réelle de la locomotive à double expansion est en discussion, on trouve invariablement ce système défendu par des Ingénieurs qui en ont la pratique personnelle et qui le jugent d'après les faits constatés par eux, tandis qu'il est non moins invariablement critiqué par des Ingénieurs à coup sûr très distingués, très compétents dans la question des locomotives, mais qui jugent surtout d'après leurs impressions, ou plutôt leurs préventions, à moins qu'ils ne basent leur opposition sur la généralisation de faits exceptionnels et, dès lors, sans valeur suffisante, comme le cas s'est présenté quelquefois, ainsi que M. Mallet a eu occasion de le signaler dans son mémoire.

Ce qu'il faut considérer, c'est la masse des résultats. Quelques insuccès au début ont-ils empêché l'expansion multiple d'être universellement adoptée aujourd'hui sur mer? Il est permis de croire que, s'il existe déjà 1 000 ou 1 200 locomotives compound, c'est parce qu'on a trouvé des avantages réels à ce système dans la pratique. S'il en était autrement, que devrait-on penser des Ingénieurs qui font construire journellement des machines de ce genre par grandes quantités à la fois, comme on peut en citer tant d'exemples?

M. Polonceau répond que les essais de locomotives compound qui ont eu lieu au chemin de fer d'Orléans n'ayant point donné des résultats satisfaisants, on y a renoncé.

Il rappelle qu'il a fait, il y a huit ans, en Autriche, l'essai de la machine Webb et obtenu un résultat inférieur à ceux que fournissaient les machines françaises antérieurement adoptées.

D'autres comparaisons avec diverses locomotives ont encore été faites et n'ont point donné de bons résultats.

M. Roy dit que, s'il a bien compris la lettre de M. Cleminson, le grand inconvénient de la distribution dans les machines ordinaires, c'est d'avoir des avances à l'échappement, qui sont considérables, quand on fait une petite admission ; de sorte qu'on ne peut pas faire sérieusement de détente, alors qu'on admet au 1/10. Pour y remédier, il faut modifier les phases de l'échappement, de manière à utiliser les détentes et à ne pas laisser échapper la vapeur avant que le piston soit à fin de course. D'après M. Cleminson, il faut agir sur la distribution elle-même, de manière à ne pas avoir d'échappements anticipés qui font perdre le bénéfice de la distribution ordinaire.

M. Polonceau dit que le principal inconvénient des distributions ordinaires, c'est de laisser échapper de la vapeur au moment où elle a encore une force expansive considérable. Ainsi, pour une machine timbrée à 10 *kg*, on relève sur les diagrammes des pressions, au commencement de l'échappement, de 3, 4 et 5 $\frac{1}{2}$ *kg*, suivant qu'on marche à des admissions de 10, 20 et 35 0/0.

M. Lencauchez dit qu'en théorie le système dit compound ne peut donner aucune économie, et c'est théoriquement en premier lieu qu'il veut examiner la question.

En effet si un poids de vapeur à une pression effective P se détent à une pression finale effective p, il produira un travail indiqué Tm. Si e est le coefficient de rendement d'une machine déterminée, le travail utile mesuré sur l'arbre ou travail effectif sera $Tm \times e = tm$. Or certaines machines monocylindriques ont des valeurs de e, soit un rendement de 90 p. 100. Peut-on en pratique demander mieux? M. Lencauchez ne le croit pas. Aussi s'empresse-t-il de citer les machines de MM. Farcot, *de 1855*, qui étaient Woolf à balancier et à deux cylindres, avec détente Farcot sur le petit cylindre, ou monocylindriques horizontales, dites machines Farcot avec la même détente, bien entendu, que les premières. Ces deux types de machines, si différents, étaient à enveloppe de vapeur et portaient également tous les perfectionnements qui, à cette époque, faisaient la célébrité de la maison Farcot, et chose remarquable, ces deux types donnaient le cheval effectif avec une dépense par heure de 10 *kg* de vapeur ou de 1,200 *kg* de houille de bonne qualité, *sans la moindre différence en faveur de l'un d'eux.*

Les partisans du système compound semblent oublier que les machines Woolf sont aussi des compound.

On parle très souvent des avantages que le système compound aurait d'éviter de grandes chutes de pression dans un même cylindre, soit aussi les grandes chutes de températures correspondantes qui, parait-il, seraient la cause d'une perte très considérable de vapeur due à la condensation. Mais en tenant ce langage, on oublie que dans toute machine à vapeur, il y a trois sources d'eau *(liquide)* à l'échappement : 1° l'eau de crachement de la chaudière; 2° l'eau de condensation due au rayonnement des tuyaux et des cylindres à vapeur, et 3° l'eau de condensation due à la détente de la vapeur ou mieux à son travail. Cette dernière condensation est théorique et rigoureusement la même, pour une même détente finale, que la machine soit à 1, 2, 3, 4 ou n cylindres groupés en cascades. Quant aux deux autres sources de condensation, elles sont pratiques et totalement indépendantes de la valeur de la détente finale, soit du travail théorique comme du travail effectif mesuré sur l'arbre; mais la condensation due au rayonnement sera, au contraire, proportionnelle à la surface des cylindres, et plus on en aura, plus elle sera considérable. Il est vrai que par de bonnes enveloppes on peut combattre très efficacement cette condensation, ainsi que le prouvent les deux types Farcot dont M. Lencauchez vient de parler.

Maintenant, ceci étant dit, si on examine ce qui se passe en pratique

pour les locomotives, on remarque qu'avec la distribution par coulisse. il est difficile de faire de grandes détentes ; celles-ci réclamant de grandes pressions, car avec un tiroir unique on a des espaces nuisibles considérables, limitant la détente en volume au $\frac{1}{5}$ environ *(avec la marche au point mort de coulisse)* et, de plus, on a l'échappement anticipé à demi-course du piston, plus une forte compression qui est un travail négatif très imparfaitement restitué par la course suivante. De sorte que. dans ces conditions, si la locomotive marche sous pression de 12 *kg* avec 11 *kg* sur les pistons à l'introduction, l'échappement se produit sous une pression de

$$\frac{11\ kg \times 2}{5} = 4{,}4\ kg,$$

au lieu de se faire sous celle 0,4 *kg* : d'où il suit que l'on perd tout le travail que la vapeur pourrait produire pour tomber de 4,4 *kg* à 0,4 *kg*. soit de 4 *kg*.

Tous les Ingénieurs sont d'accord sur ce point et la question se pose ainsi à leurs yeux. La détente au $\frac{1}{8}$ étant celle qui dans la pratique donne le maximum d'effet utile d'un poids de vapeur déterminé, en réclamant une pression initiale de 12 *kg* (1), comment avec la coulisse considérée comme la seule distribution pratique pour les machines à grande vitesse et les locomotives en particulier, comment, dit-on, sera-t-il possible d'éviter le laminage et l'échappement anticipé ?

La réponse est celle-ci. Il faut prendre le système compound pour obtenir la détente à $\frac{1}{2}$ et au $\frac{1}{4}$ dans le petit cylindre qui est parfait avec la coulisse et transvaser la vapeur dans un grand cylindre pour avoir une détente finale au $\frac{1}{4}$ et au $\frac{1}{8}$ qui est le maximum pratique, ou vaut-il mieux réduire les espaces nuisibles au minimum, employer quatre distributeurs système Corliss à double introduction et à double échappement indépendant, réduisant au minimum les pertes de charges. de façon qu'avec la coulisse on puisse avoir une aussi bonne distribution qu'avec les délics sans en avoir les inconvénients ? Tous les Ingénieurs spécialistes ne discutent plus aujourd'hui les tiroirs genre Corliss. qui sont indéfiniment durables, et il y a longtemps qu'ils ont cessé de considérer les quatre distributeurs comme une complication.

Certains Ingénieurs pensent que le système compound est à préférer. et d'autres Ingénieurs non moins compétents pensent le contraire.

M. Lencauchez croit, avec M. Durant, que le système à quatre distributeurs Corliss, avec échappement indépendant doit être à préférer. vu que ses complications *ne sont qu'apparentes* et que les tiroirs cylindriques Corliss durent indéfiniment, ainsi que la locomotive 76 du chemin de fer d'Orléans le fait voir depuis deux ans, quoique marchant sous une pression effective de 10 *kg*.

(1) Pour les machines sans condensation.

M. Lencauchez dit, en terminant, que la détente finale est proportionnelle, pour un poids de vapeur déterminé, au volume des cylindres en communication avec l'atmosphère et que ce volume est plus grand pour les locomotives non compound que pour celles qui le sont.

Quant à l'exagération de la charge sur les organes des machines, l'expérience prouve qu'avec les distributeurs Corliss elle n'est pas à redouter, et que les machines à deux cylindres seront toujours plus simples, plus sûres et plus commodes que les machines à trois et à quatre cylindres en possédant une bien plus grande élasticité de puissance.

M. Polonceau dit qu'il a été fait à la Compagnie d'Orléans une série d'expériences et que, sans avoir la prétention d'avoir trouvé la machine de l'avenir, on a cherché, dans la distribution Durant et Lencauchez, à se rapprocher de la distribution Corliss et Sulzer, qui a donné de si bons résultats dans les machines fixes. Il paraît naturel que cette distribution doive donner de meilleurs résultats que les locomotives compound, puisque la détente est dans de meilleures conditions, et, dans les derniers temps, on a trouvé que les résultats étaient satisfaisants. Reste à savoir si la pratique confirmera ce que les expériences ont donné; mais, si cette machine-là vient dans le domaine de la pratique, il est certain qu'elle donnera de bons résultats, parce que l'on n'a pas de condensation et que l'on peut faire la détente comme l'on veut.

M. Pulin dit qu'au point de vue théorique, examiné par M. Lencauchez, les locomotives compound n'utilisent pas, en effet, la détente dans des conditions différentes de celles des locomotives à simple expansion, et que, sans chercher à réaliser les détentes très prolongées dont a parlé notre collègue, il serait désirable de parvenir à l'expansion de 5 à 6 volumes, qui correspond à la meilleure utilisation pratique, celle des machines actuelles étant inférieure à 3 volumes dans les conditions moyennes de marche.

En réalité, l'augmentation de détente entraîne sur les locomotives ordinaires une condensation importante qui ne paraît pas se produire dans les locomotives compound.

M. Pulin rappelle, à ce propos, l'exemple de la locomotive pourvue par la Compagnie du Nord de l'appareil anisométrique de M. de Landsée, ce qui lui permet de marcher des deux manières. Cette locomotive fait ressortir, lorsque la charge n'est pas exagérée, une économie sensible de la marche en compound sur la marche ordinaire, économie qui ne peut être attribuée qu'à une diminution de la condensation dans les cylindres, puisque l'expansion est réduite de moitié. Ce résultat est très intéressant, puisque la machine est comparée à elle-même et conduite par le même mécanicien.

M. Du Bousquet pense qu'il y a un point sur lequel tout le monde est d'accord, c'est que l'augmentation de la pression conduit naturellement à modifier la locomotive.

Pour profiter du surcroît de détente possible, il faut ou prendre le système compound, ou changer la distribution en séparant l'échappement de l'admission.

M. Poloncea estime, en effet, que l'on ne peut pas augmenter la pression au delà d'une certaine limite avec les distributions ordinaires, dans les locomotives non compound, parce que la vapeur s'échappe à une pression trop considérable.

M. Du Bousquet dit que l'un et l'autre systèmes entraînent fatalement à des complications ; que, cependant, le système compound à deux cylindres est certainement la solution la plus simple quand il s'agit de machines de puissance modérée.

M. Polonceau fait remarquer qu'il faut établir une distinction. Le service de l'exploitation demande des machines de plus en plus puissantes pour les trains de marchandises et de grande vitesse : ce qu'il nous faut, ce sont de grosses machines puissantes, remorquant de fortes charges ou un train considérable qui a une très grande vitesse.

M. Lencauchez dit qu'il pourrait citer des machines fixes à grande vitesse dont les cylindres sont semblables à ceux des locomotives et qui, quoique de construction des plus récentes et à condensation, malgré leur système compound emprunté à la marine, dépensent plus que les locomotives ordinaires par heure et par cheval effectif.

Les critiques que M. Lencauchez fait du système compound appliqué aux locomotives ne sauraient nullement s'adresser aux machines marines, bien entendu.

M. le Président fait observer que la discussion n'est pas engagée sur les machines fixes pour lesquelles l'application du système compound est peu contestée, si l'on tient compte surtout de la régularité plus grande dans le mouvement de rotation. Pour les machines locomotives, la question est plus compliquée; il faut, pour augmenter la puissance, forcer la pression, ce qui rend la conduite de la locomotive plus difficile, et ajouter, dans le cas du compound comme dans le système de la Compagnie d'Orléans, des organes complémentaires qui ajoutent à l'entretien. Quel est celui des deux systèmes essayés qui donnera les meilleurs résultats? Une expérience d'une certaine durée peut seule l'indiquer. Elle est engagée sur une grande échelle dans deux de nos Compagnies, qui étudient ces questions avec le plus de soins. Il ne nous reste donc qu'à attendre qu'elle ait prononcé.

M. Du Bousquet dit que les essais de compound vont continuer sur le Nord, tant sur les machines à grande vitesse que sur les machines à marchandise, mais qu'une pareille question ne peut être élucidée qu'au bout d'un certain nombre d'années.

Il croit que l'économie principale qu'on peut espérer provient de l'accroissement de détente rendue possible par l'élévation du timbre. Or, la détente ne dépend que du rapport entre le volume final occupé par la vapeur et le volume initial, et on peut l'obtenir aussi bien dans un cylindre que dans deux. Il n'est donc pas impossible qu'on arrive au but par une simple modification de la distribution et pour cette raison, l'essai tenté par M. Polonceau lui paraît des plus intéressants.

M. Polonceau dit qu'il y a un fait qui rend les expériences difficiles et influe sur les résultats obtenus : c'est l'eau entraînée.

Suivant les conditions de marche et de vaporisation de vapeur, la quantité d'eau entrainée varie de 30 à 50 0/0 ; alors tous les résultats sont faussés. La machine locomotive, dans les conditions actuelles, avec ses conditions de charge et de vitesse, étant un appareil vaporisateur qu'on fait marcher à 80 et 100 *km* à l'heure, n'est pas une machine qu'on peut conduire comme une machine fixe, d'autant plus que l'on a encore à tenir compte des questions de stabilité et de dimensions extérieures qu'on ne peut dépasser. La locomotive est donc un appareil mécanique des plus difficiles à construire. Il est très probable que la meilleure solution est celle des machines à trois cylindres ; mais on ne peut pas faire admettre dans le gabarit les trois cylindres de la machine compound.

M. Collet exprime l'avis que des renseignements très circonstanciés contenus dans les mémoires présentés à la Société sur l'application de la disposition compound aux locomotives et de la discussion qui vient d'avoir lieu, on peut tirer les conclusions suivantes :

Les exigences croissantes du trafic conduisent actuellement les Compagnies de chemins de fer à augmenter la puissance de leurs locomotives, augmentation qu'elles réalisent, notamment, par une élévation de la pression. Or, M. Du Bousquet vient d'indiquer que la distribution par coulisse se prête très mal à l'augmentation de détente nécessitée par la bonne utilisation des hautes pressions, et que c'est ce qui explique que certaines Compagnies recherchent cette meilleure utilisation dans l'application du principe compound. C'est également, du reste, l'opinion qu'avait exprimée M. Henry, Ingénieur en chef du matériel et de la traction de la Compagnie P.-L.-M., à la dernière session du Congrès international des chemins de fer.

D'un autre côté, en vue de lever le doute qui semble exister sur l'économie de combustible qu'on doit attendre de l'emploi de ce dispositif, M. Pulin vient de nous dire que l'essai fait à la Compagnie du Nord de l'appareil anisométrique de M. de Landsée a nettement établi que, dans la machine compound, les condensations intérieures étaient moins considérables que dans la machine ordinaire, et il est bien évident que l'infériorité de cette dernière sur ce point réagit sur la consommation de vapeur et, par suite, sur celle du combustible.

Étant donné, en outre, l'avantage que présente la disposition compound au point de vue de l'élasticité du moteur, il semble que ces diverses conditions soient de nature à justifier pleinement l'extension de son application aux locomotives.

M. le Président dit que les expériences qui se poursuivent en ce moment permettront de connaître bientôt quelle est la solution du problème. Puis il clôt la discussion et remercie les membres y ayant pris part de l'intérêt qu'ils ont su lui imprimer.

La séance est levée à onze heures.

NOTES

SUR

L'EMPLOI DE L'EAU SOUS PRESSION

DANS LES FONDATIONS

DES MURS DE QUAI DE L'AVANT-PORT DE CALAIS

PAR

M. M. BAILLY

Exposé.

L'emploi dans les fonçages de l'eau injectée sous pression a été, croyons-nous, mis en pratique pour la première fois dans les travaux du nouveau port de Calais pour la fondation des murs de quai de l'avant-port, et ce procédé de fonçage a donné les résultats les plus satisfaisants, tant au point de vue de la rapidité et de la facilité des opérations que de l'économie réalisée dans l'exécution des travaux.

Les premiers essais furent faits au moyen d'une simple pompe de jardin employée pour l'arrosage, sur des piquets de faible dimension : le piquet étant placé verticalement sur le sol à l'endroit où il devait être enfoncé, on dirigeait le jet de la lance sur le terrain au pied du piquet : sous l'influence de l'eau, le sable se désagrégeait, il se formait une excavation dans laquelle le piquet s'enfonçait en le maintenant à la main pour l'empêcher de flotter dans l'eau qui remplissait le trou et de remonter à la surface.

Les résultats ayant paru satisfaisants, l'expérience fut renouvelée sur des pieux de plus fortes dimensions au moyen d'une pompe à incendie, manœuvrée par plusieurs hommes; comme dans le premier cas, le résultat fut favorable.

On eut alors l'idée d'étendre ce procédé de fonçage des pieux au fonçage de blocs en maçonnerie de grandes dimensions. Un

bloc d'essai fut construit sur une base en charpente d'orme, en ménageant au centre du bloc un puits pour l'extraction des déblais désagrégés par l'eau, au moyen d'une pompe aspirante. Jusqu'à une profondeur de 4 *m* l'opération marcha d'une façon régulière, mais au delà, soit que le châssis en charpente sur lequel reposait le bloc se soit déformé, soit que la descente se soit faite plus d'un côté que de l'autre, la maçonnerie se crevassa et une fissure verticale sépara le bloc en deux parties.

Malgré cet accident, l'opération permettait de voir que le procédé qui avait bien réussi pour les pieux donnerait aussi de bons résultats pour des blocs de fondation en maçonnerie.

Ce système fut alors employé sur une grande échelle pour le fonçage des blocs de fondation et le battage des pieux et des palplanches.

Fonçage des blocs de maçonnerie.

Le sol sur lequel reposent les murs de quai de l'avant-port est formé de sable très fin, très meuble, et qui se désagrège très facilement sous l'influence de l'eau.

Un bâtardeau en maçonnerie établi du côté du chenal permettait de travailler à sec, en épuisant continuellement l'eau qui provenait des infiltrations. L'approfondissement de l'avant-port devait se faire au moyen de dragages après la construction des quais et l'enlèvement du bâtardeau.

Le fonçage d'une série de blocs servant de fondation à un mur de quai comprend plusieurs opérations :

1° Construction des puits de fondation :

2° Fonçage des blocs ;

3° Remplissage des puits ;

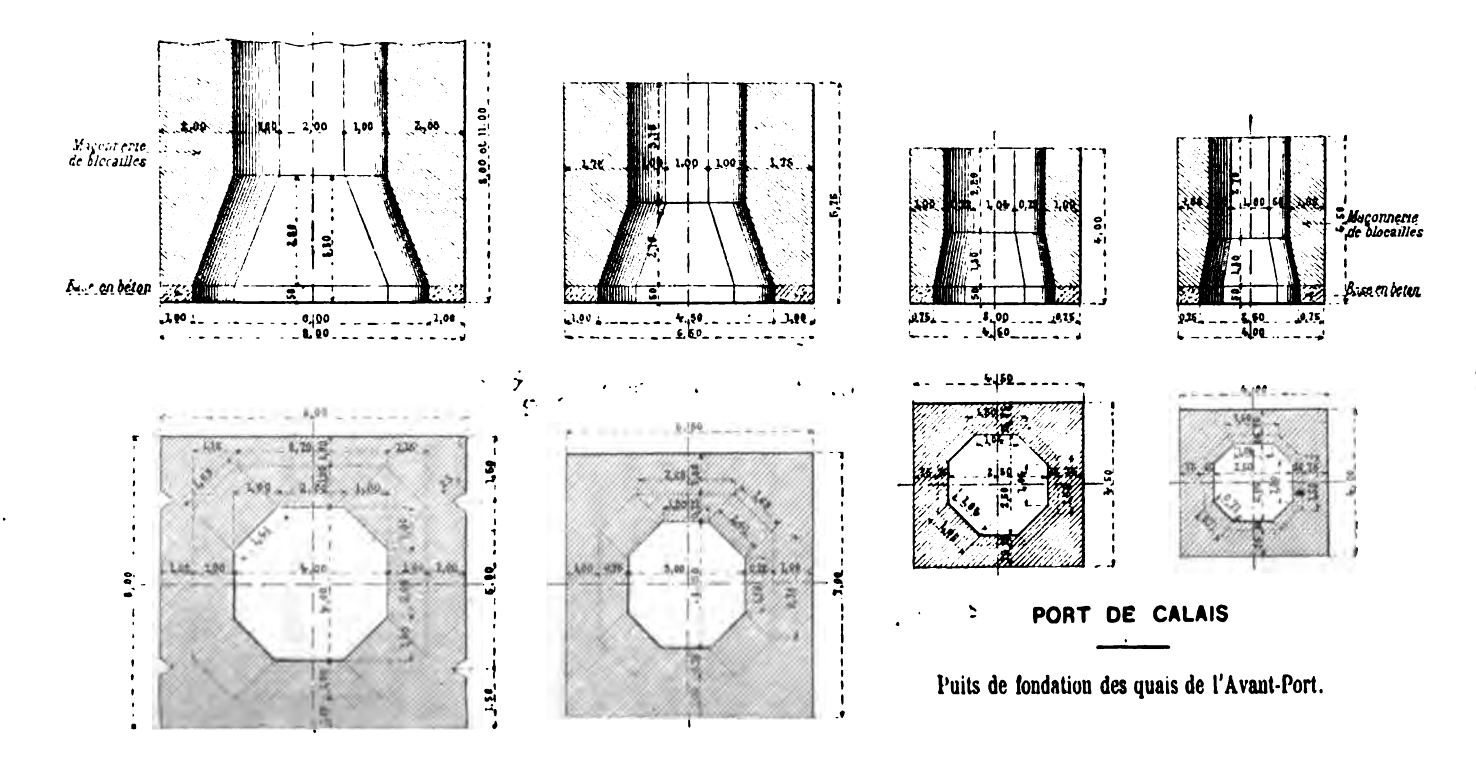
4° Remplissage des vides restants entre les blocs.

Ce sont ces différentes opérations que nous allons successivement passer en revue.

Construction des puits de fondation.

Dans les fondations des murs de quai de l'avant-port, on a employé quatre types différents de puits de fondation :

Puits de	8,00 *m* × 8,00 *m*	de base;
—	7,00 *m* × 6,50 *m*	—
—	4,50 *m* × 4,50 *m*	—
—	4,00 *m* × 4,00 *m*	—



PORT DE CALAIS

Puits de fondation des quais de l'Avant-Port.

Les blocs de 8 *m* de base étant les plus nombreux, ce sont eux que nous prendrons comme exemple. Pour ces gros blocs, les profondeurs auxquelles ils sont descendus sont de 8 *m* pour les uns et de 11 *m* pour les autres, au-dessous du fond du bassin. Cette profondeur de 11 *m* résulte de ce que, une fois les quais construits, un des côtés de l'avant-port doit être dragué pour permettre aux bâtiments du plus fort tirant d'eau de rester à flot pendant les basses marées.

Les blocs sont construits en maçonnerie de blocailles à l'emplacement même qu'ils doivent occuper, en laissant un vide de 0,40 *m* entre deux blocs voisins; on les construit seulement de deux en deux ; nous verrons plus loin la raison de ce mode de procéder. Au centre du bloc est ménagé un puits octogonal de 4 *m* de diamètre. Le châssis en charpente qui avait donné de mauvais résultats est remplacé par une base en béton : cette base est établie au moyen de panneaux mobiles en bois que l'on démonte après la prise du béton.

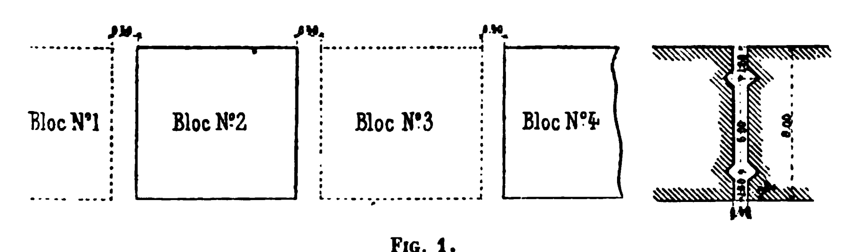


Fig. 1.

On a soin de ménager dans les parements extérieurs des blocs, du côté où ils se regardent, deux rainures verticales. Ces rainures sont destinées à donner au massif une liaison plus grande lorsqu'on remplira le vide qui existe entre les blocs.

Les puits foncés à une profondeur de 8 *m* sont d'abord construits jusqu'à une hauteur de 4 *m*, puis descendus jusqu'au ras du sol ; on construit une nouvelle hauteur de 4 *m* et on termine le fonçage à la profondeur voulue. Pour les blocs descendus à la profondeur de 11 *m* l'opération se fait en trois fois.

Il y aurait avantage à construire le bloc en une seule fois pour lui donner un poids plus grand et faciliter sa descente, mais d'autre part comme la pompe centrifuge qui sert à extraire les déblais doit être placée en dehors du puits, la hauteur d'aspiration serait trop grande.

Fonçage des blocs.

Le matériel employé au fonçage comprend :

4 pompes de compression système Tangye nº 7;

2 petites chaudières verticales fournissant la vapeur aux pompes;

1 pompe centrifuge Neut et Dumont nº 8 pour l'extraction des déblais ;

1 locomobile actionnant la pompe centrifuge.

Les quatre pompes et leurs chaudières sont portées par un châssis à huit roues ; il en est de même de la pompe et de sa locomobile, de sorte que tout le matériel peut se déplacer facilement sur une voie établie parallèlement à la ligne des blocs à foncer.

Les pompes Tangye sont des pompes à action directe analogues aux petits chevaux d'alimentation. Le réservoir de chaque pompe porte un T en fonte muni de trois robinets sur lesquels viennent se fixer trois tuyaux en caoutchouc raccordés avec des lances en fer, soit en tout douze lances. Ces lances sont formées d'un simple tube en fer de 40 *mm* de diamètre intérieur. Les tuyaux en caoutchouc passant chacun sur une poulie en bois servent en même temps à supporter les lances : celles-ci viennent déboucher à la surface du sol à l'intérieur du puits et obliquement en dessous. Du reste, on les déplace suivant les besoins en en faisant agir un nombre plus ou moins grand du même côté lorsque le bloc descend plus d'un côté que de l'autre.

La crépine du tuyau d'aspiration de la pompe centrifuge vient déboucher au milieu du puits à une profondeur plus grande que les lances, au sommet de l'entonnoir formé par le cône qui s'éboule constamment. Le tuyau d'aspiration raccordé par une partie flexible avec la pompe est suspendu au moyen d'un palan et on l'agite continuellement pour éviter son engorgement.

Dans les premières opérations il arrivait fréquemment que quand on arrêtait le jeu de la pompe centrifuge, le sable en suspension dans l'eau du tuyau d'aspiration retombait dans la boite du clapet de pied, immobilisait ce clapet, et il était impossible de remettre la pompe en marche. Il fallait alors démonter le clapet pour le nettoyer. Pour remédier à cet accident on fait déboucher une des lances des pompes de compression dans la boite à clapet et on y injecte de l'eau pendant toute la durée du travail, de sorte que quand le jeu de la pompe est arrêté, celle-ci est toujours

traversée par un courant d'eau qui entraîne le sable en suspension et l'empêche de se déposer.

Dans le sable, la descente des blocs se fait d'une manière très régulière et les écarts verticaux sont presque insensibles. Deux niveaux à bulle d'air placés en croix à un des angles du bloc servent à s'assurer qu'il reste horizontal pendant la descente ; on

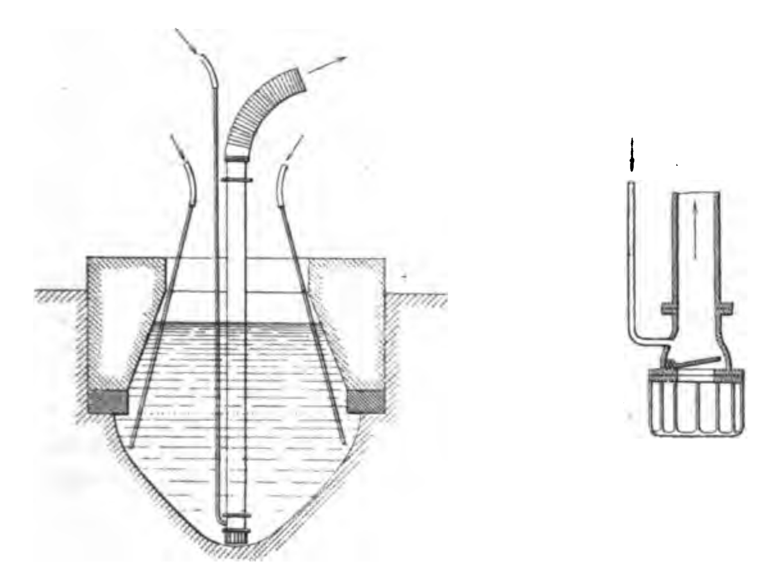


Fig. 2.

donne fréquemment des coups de niveau sur les quatre coins du bloc pour vérifier si la descente se fait régulièrement et pour être certain de ne pas dépasser la cote à laquelle on doit s'arrêter.

Lorsqu'un bloc ne descend pas verticalement et a une tendance à s'incliner d'un côté, on porte les lances du côté opposé de façon à augmenter l'excavation qui se produit de ce côté en dessous du bloc.

Pour les blocs de petite dimension l'opération est plus difficile à conduire : la base étant beaucoup plus faible, le bloc a une stabilité beaucoup moins grande et descend très vite : les deux niveaux à bulle d'air oscillent constamment.

Le personnel employé à un atelier de fonçage se compose de :

1 chef fonceur ;

1 chauffeur-mécanicien pour les pompes de compression ;

1 chauffeur-mécanicien pour la pompe d'épuisement ;

6 manœuvres pour les lances.

Il faut compter en outre 2 à 3 hommes pour remblayer à l'extérieur du bloc les affaissements du sol qui se produisent.

Daus le sable, la descente d'un bloc exige en moyenne de 12 à 14 heures pour une profondeur de 4 *m* à 4,50 *m*, ce qui donne environ :

20 m^3 de déblais par heure.

Dans un banc de glaise l'opération est plus difficile et demande un temps beaucoup plus long ; malgré cela le système employé a permis de traverser des bancs de 1 *m* à 1,20 *m* d'épaisseur.

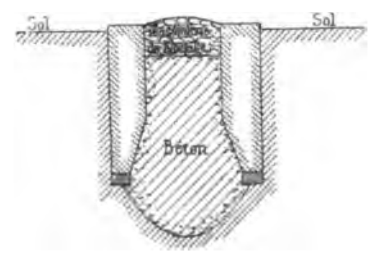
Lors des premiers fonçages qui furent exécutés, par crainte des éboulements on ne descendait les blocs que de 5 en 5, en réservant les 4 blocs intermédiaires, cet intervalle fut successivement réduit à 3, à 2 puis à 1 seul, c'est-à-dire que l'on fonce d'abord tous les blocs de numéros impairs et qu'on reprend ensuite l'opération pour les blocs de numéros pairs, et cela sans qu'il se soit produit aucun éboulement.

Remplissage des puits.

Lorsque les blocs sont descendus à la profondeur voulue, le puits est rempli de béton coulé sous l'eau jusqu'à une distance de 1,50 *m* de l'orifice, l'eau est épuisée et le reste du puits est rempli de maçonnerie de blocailles semblable à celle qui a servi à construire le bloc.

Remplissage des intervalles entre les blocs.

Les intervalles existants entre les blocs sont remplis de la manière suivante : les deux extrémités de l'intervalle entre deux



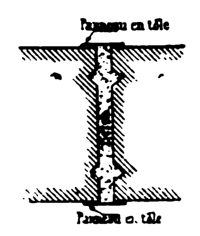


Fig. 3.

blocs voisins sont fermés au moyen de deux panneaux en tôle que l'on enfonce au moyen d'injections d'eau jusqu'à la profondeur à laquelle les blocs sont descendus. On obtient ainsi une enceinte

fermée dont les grands côtés sont fermés par les deux blocs voisins et les petits côtés par les deux panneaux en tôle. Le sable existant dans cette enceinte est extrait au moyen de quelques lances et d'une pompe centrifuge ; le vide est alors rempli par du béton coulé dans l'eau : ce béton remplissant les rainures ménagées sur les faces des blocs établit une liaison intime du massif.

Lorsque le béton a fait prise, on enlève les panneaux en tôle au moyen de quelques coups de lance donnés en dehors L'opération est alors complètement terminée.

Les murs de quai sont alors construits sur le massif ainsi fondé.

Essais de résistance.

Pour vérifier la stabilité d'un massif ainsi établi, lorsqu'une ligne de blocs fut foncée, que les puits et les intervalles furent remplis, on a établi sur le massif, au bord de l'arête extérieure, une voie ferrée sur laquelle on fit circuler un train de ballast pendant une durée de 48 heures. Au bout de ce temps, on ne constata dans le massif ni le plus petit mouvement ni le plus léger affaissement.

Le système employé présentait donc toutes les garanties possibles au point de vue de la stabilité.

Battage des pieux.

Le système de l'eau injectée a été aussi employé avec succès au battage des pieux et des palplanches, et ce procédé a donné de très bons résultats au point de vue économique.

Le système employé à Calais était mixte, c'est-à-dire qu'il participait du mode ordinaire de battage à la sonnette, auquel on ajoutait l'emploi de l'eau sous pression.

Le matériel employé se composait d'une sonnette Lecour munie de sa chaudière et de son treuil à vapeur ; sur le plancher de la sonnette est installée une pompe Tangye nº 7, semblable à celle employée pour le fonçage des blocs et à laquelle la chaudière de la sonnette fournit de la vapeur ; le réservoir de la pompe porte une tubulure pour fournir de l'eau à deux lances.

Le personnel nécessaire se compose de :

1 chef d'équipe,

1 chauffeur-mécanicien,

9 manœuvres.

La manœuvre des lances occupe à elle seule quatre hommes.

Le battage d'un pieu par ce procédé est une opération des plus simples : le pieu simplement affûté, sans frette ni sabot en fer, est placé verticalement à la place où il doit être battu, et maintenu dans cette position contre la sonnette par les moyens ordinaires. On fait descendre le mouton sur la tête du pieu de façon à le charger ; les deux lances sont mises en place de chaque côté du pieu et on fait agir la pompe. Aussitôt que le sol se désagrège, le pieu descend seul sous le poids du mouton sans qu'il soit nécessaire de faire tomber celui-ci d'une certaine hauteur.

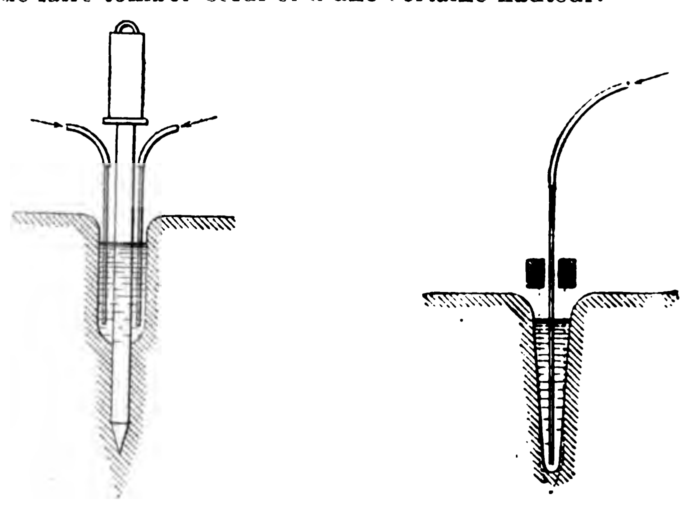


FIG. 4.

En plusieurs circonstances on a pu se servir de pieux sans les affûter et l'opération a réussi aussi bien qu'avec des pieux appointés.

Battage des palpanches.

Pour les palplanches, la main-d'œuvre est un peu plus compliquée, bien que les palplanches aient une section moins forte que les pieux.

Lorsque les pieux sont battus en ligne et réunis par les moises, on fait agir les lances entre deux pieux voisins dans l'intervalle des moises. Quand les lances ont pénétré dans le sol à une profondeur à peu près égale à la longueur des palplanches, on met en place toutes celles qui composent un même panneau.

Par suite du frottement des palplanches sur les pieux, entre elles et contre les moises, elles descendent moins facilement que les pieux. Il faut alors faire agir la sonnette et pendant toute la

durée du battage les lances fonctionnent de chaque côté du panneau. On a soin de faire descendre les palplanches à peu près également de la même quantité pour un même panneau.

De même que les pieux, les palplanches n'ont ni frettes ni sabots.

Une équipe de dix hommes avec un chef d'équipe peut mettre en place dans une journée de douze heures en moyenne :

100 à 110 pieux de 4,50 *m* × 0,25 × 0,20, ou bien :

60 à 70 palplanches de 4,50 *m* × 0,30 × 0,11.

Le même nombre d'hommes avec une sonnette ordinaire et une simple pompe à incendie a pu dans une seule journée mettre en place :

150 pieux cylindriques de 2,50 *m* de longueur et de 0,25 *m* de diamètre.

Essais de résistance.

D'après les expériences qui ont été faites on a acquis la certitude qu'au bout de sept à huit jours le sol avait repris sa solidité primitive et que les pieux battus par ce procédé pouvaient en toute sécurité supporter la même charge que les pieux battus par le système ordinaire, c'est-à-dire sans injection d'eau.

Extraction d'anciens pieux.

Le même procédé peut également être employé avec avantage pour l'arrachage des anciens pieux ou palplanches, opération qui présente assez souvent des difficultés. Il suffit alors de faire descendre une lance le long de la pièce à arracher pendant que l'on exerce sur elle une traction verticale au moyen de chaînes ou de vérins.

Conclusion.

Nous pensons que ce nouveau mode de fondation dont l'emploi encore peu connu, quoique d'une grande simplicité, est appelé à rendre des services importants, principalement dans les terrains légers, peu compacts, qui se laissent facilement désagréger par l'eau, et que sa mise en pratique procurera une économie très grande à la fois dans la dépense de main-d'œuvre et dans le temps nécessaire à l'exécution du travail.

Ce procédé a surtout le grand avantage de ne pas exiger d'ouvriers spéciaux et de ne demander qu'un temps très court pour former le personnel chargé de le mettre en œuvre.

THÉORIE NOUVELLE

DE LA

STABILITÉ DES PRISMES CHARGÉS DE BOUT

APPLICATION GRAPHIQUE

AUX PRISMES DE SECTION VARIABLE

PAR

M. F. CHAUDY

On connaît la théorie actuelle de la stabilité des prismes chargés de bout. Elle est facilement applicable aux prismes à section constante; mais, pour les prismes à section variable, elle présente de très sérieuses difficultés d'application.

Or, les prismes chargés de bout, à section variable, sont d'un usage fréquent dans les constructions. Certains ponts, par exemple, ont des piles métalliques encastrées à leur base; la section de ces piles est plus faible en haut qu'en bas, ce qui est logique. Dans beaucoup de grues, d'autre part, la volée est un prisme à section variable dont les extrémités sont libres.

Nous avons non seulement appliqué notre théorie au calcul analytique des prismes à section constante, mais encore au calcul graphique des prismes à section variable dans les deux cas suivants qui se présentent le plus souvent dans la pratique :

1° Le prisme est encastré à un bout et entièrement libre à l'autre bout;

2° Le prisme n'a aucune de ses extrémités encastrées.

Notre méthode est fondée sur trois théorèmes qui reposent eux-mêmes sur les remarques suivantes :

Remarques sur les poutres droites simples. — Nous considérons une poutre droite simple, de section constante ou variable, dont les extrémités sont libres ou bien encastrées. Nous supposons que cette poutre est soumise à l'action de forces transversales p_x perpendiculaires à la direction de sa ligne moyenne. Ces forces p_x produisent des déplacements élastiques des points de la poutre. Nous désignerons, pour un point quelconque K de la ligne moyenne, par v_k le déplacement de ce point estimé suivant la direction des forces p_x, et par u_k son déplacement estimé suivant une direction perpendiculaire à celle-ci.

Ceci posé, voici les remarques dont nous aurons à nous servir dans la démonstration des trois théorèmes fondamentaux de notre théorie.

Remarque I. — Le moment fléchissant et l'effort tranchant dans une section quelconque K sont des fonctions de premier degré des forces p_x de la forme :

$$(\alpha_0)_k p_0 + (\alpha_1)_k p_1 + \ldots\ldots + (\alpha_n)_k p_n,$$

$p_0, p_1 \ldots\ldots, p_n$ représentant les différentes valeurs de p_x, et $(\alpha_0)_k$, $(\alpha_1)_k \ldots\ldots (\alpha_n)_k$ étant des coefficients variables d'une poutre à l'autre et, pour une même poutre, variables avec l'abscisse de la force p correspondante et la position de la section K.

Pour mettre cette remarque en évidence, nous avons dressé, pour les quatre dispositions usuelles des poutres droites simples, le tableau des moments fléchissants et des efforts tranchants dus à une force unique p appliquée sur la poutre normalement à sa ligne moyenne.

Ce tableau (page 594) montre que, dans une section quelconque, le moment fléchissant et l'effort tranchant sont des fonctions du premier degré de la force p de la forme $(\alpha)_k p$, le coefficient $(\alpha)_k$ étant variable d'une poutre à l'autre et, pour une même poutre, variable avec l'abscisse de la force p et la position de la section considérée.

A cause du principe de la superposition des effets des forces, si la poutre est soumise à un nombre quelconque de forces $p_0, p_1 \ldots\ldots p_n$, dans une section quelconque K, le moment fléchissant et l'effort tranchant seront bien, comme nous l'avons annoncé, de la forme :

$$(\alpha_0)_k p_0 + (\alpha_1)_k p_1 + \ldots\ldots + (\alpha_n)_k p_n.$$

DISPOSITIONS DES POUTRES	MOMENTS FLÉCHISSANTS	EFFORTS TRANCHANTS
Encastrée B, K, A Libre, x, l, y, p	DE K A B: $M = (l - x)\,p$	DE K A B: $T = p.$
Appui simple B, K, A Appui simple, x, l, a, b, y, p	DE B A K: $M = \frac{bx}{l}.\,p.$ DE A A K: $M = \frac{a\,(l - x)}{l}.\,p.$	DE B A K: $T = \frac{b}{l}.\,p.$ DE A A K: $T = \frac{a}{l}.\,p.$
Encastrée B, K, A Appui simple, x, l, a, b, y, p	DE A A K: $M = \frac{a^2\,(2a + 3b)\,(l - x)}{2l^3}.\,p.$ DE K A B: $M = \left[\frac{a^2\,(2a + 3b)\,(l - x)}{2l^3} - (a - x)\right] p.$	DE A A K: $T = \frac{a^2\,(2a + 3b)}{2l^3}.\,p.$ DE K A B: $T = \frac{(3a^2 + 6ab + 2b^2)\,b}{2l^3}.\,p.$
Encastrée B, K, A Encastrée, l, a, b, p	DE B A K: $M = \frac{b^2}{l^2}\left[a - \frac{(3a + b)\,x}{l}\right] p.$ DE A A K: $M = \frac{a^2}{l^2}\left[b - \frac{(a + 3b)\,(l - x)}{l}\right] p$	DE B A K: $T = \frac{(3a + b)\,b^2}{l^3}.\,p.$ DE A A K: $T = \frac{(a + 3b)\,a^2}{l^3}.\,p$

REMARQUE II. — Le déplacement élastique v_k d'un point K de la ligne moyenne a pour expression, comme on sait :

$$v_k = -\Omega x - \int_0^k \frac{Mx}{EI} dx + \int_0^k \frac{T}{gES} dx,$$

en négligeant l'action de la température dont nous n'avons pas à tenir compte puisqu'elle n'intervient pas dans la stabilité des prismes chargés de bout.

Dans cette formule, pour une section d'abscisse x, le moment fléchissant est M, l'effort tranchant est T, le moment d'inertie est I, et la section transversale de la poutre est S ; E est le coefficient d'élasticité longitudinale de la matière et gE est le coefficient d'élasticité transversale. D'autre part, Ω est le déplacement angulaire de la section K. Ce déplacement a pour expression :

$$\Omega = \Omega_0 - \int_0^k \frac{M}{EI} dx,$$

Ω_0 désignant ici le déplacement angulaire de la section origine. On peut toujours choisir pour origine une section pour laquelle $\Omega_0 = 0$. L'expression de Ω se réduit alors à :

$$\Omega = -\int_0^k \frac{M}{EI} dx,$$

et celle de v_k devient :

$$v_k = x\left[\int_0^k \frac{M}{EI} dx\right] - \int_0^k \frac{Mx}{EI} dx + \int_0^k \frac{T}{gES} dx.$$

M et T étant des fonctions du premier degré des forces p_x, on voit que v_k est aussi une fonction du premier degré de ces forces. On pourra donc écrire :

$$v_k = (A_0)_k p_0 + (A_1)_k p_1 + \ldots\ldots + (A_n)_k p_n,$$

$p_0, p_1 \ldots\ldots p_n$ représentant les différentes valeurs de p_x, et les coefficients $(A_0)_k$, $(A_1)_k \ldots\ldots (A_n)_k$ étant des quantités variables d'une poutre à l'autre et, pour une même poutre, variables avec l'abscisse de la force p correspondante et la position du point K.

REMARQUE III. — Le déplacement élastique u_k d'un point K de la ligne moyenne a pour expression, comme on sait :

$$u_k = \Omega y + \int_0^k \frac{My}{EI} dx - \int_0^k \frac{T}{gES} dy,$$

ou bien, avec une origine de coordonnées pour laquelle $\Omega_{o} = 0$:

$$u_k = -y\left[\int_o^k \frac{M}{EI}\,dx\right] + \int_o^k \frac{My}{EI}\,dx - \int_o \frac{T}{gES}\,dy.$$

Les y sont ici les déplacements v; y et dy sont donc du premier degré en p_x. Comme, d'autre part, M et T sont aussi des fonctions du premier degré en p_x, on voit que u_k est une fonction du deuxième degré de ces forces. On pourra donc écrire :

$$u_k = (B_o)_k\, p_o^2 + (B_1)_k\, p_1^2 + \ldots\ldots + (B_n)_k\, p_n^2,$$

$p_0, p_1 \ldots\ldots p_n$ représentant les différentes valeurs de p_x, et les coefficients $(B_0)_k$, $(B_1)_k \ldots\ldots (B_n)_k$ étant des quantités variables d'une poutre à une autre et, pour une même poutre, variables avec l'abscisse de la force p correspondante et la position du point K.

Théorèmes fondamentaux.

Nous appelons toute l'attention du lecteur sur les théorèmes suivants et particulièrement sur le théorème I qui permet de regarder la flexion d'un prisme sous l'action d'une charge de bout comme étant produite par des forces dirigées perpendiculairement à la ligne moyenne.

Théorème I. — *Une flexion déterminée très petite d'une poutre droite simple, de section constante ou variable, à extrémités libres ou encastrées, peut toujours s'obtenir au moyen de forces* p_x *appliquées sur la poutre normalement à sa ligne moyenne.*

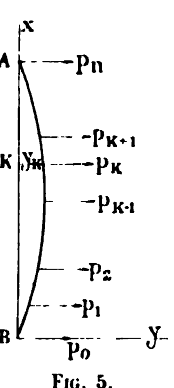


Fig. 5.

Soit AB (fig. 5) la ligne moyenne d'une poutre droite simple, de section constante ou variable, dont les extrémités A et B sont libres ou encastrées. Nous divisons cette ligne en intervalles égaux très petits Δx désignés, de B à A, par les numéros 0, 1, 2, 3..... n. Dans chacun de ces intervalles nous appliquons sur la poutre, perpendiculairement à AB, une force p_x. Cette force a une certaine valeur p_0 pour l'intervalle 0, p_1 pour l'intervalle 1, etc., p_k pour l'intervalle K, etc., p_n pour l'intervalle n.

Nous disons qu'il existe des valeurs réelles de $p_0, p_1 \ldots\ldots p_k \ldots\ldots p_n$, positives ou négatives, et dont quelques-unes peuvent être nulles suivant les cas, qui produisent une flexion déterminée de la poutre.

Cette flexion est connue si on se donne les ordonnées v_o, $v_1 \ldots\ldots v_k \ldots\ldots v_n$ de la ligne moyenne fléchie correspondant aux inter-

valles considérés qui peuvent être aussi petits que l'on voudra.

Or, le déplacement v_k d'un point K de la ligne moyenne, s'il est produit par les forces p_0, p_1 ..... p_n, a pour expression :

$$v_k = (A_0)_k p_0 + (A_1)_k p_1 + \ldots\ldots + (A_k)_k p_k + \ldots\ldots + (A_n)_k p_n.$$

De cette expression générale, nous pouvons tirer les $n+1$ équations suivantes :

$$v_0 = (A_0)_0 p_0 + (A_1)_0 p_1 + \ldots\ldots + (A_k)_0 p_k + \ldots\ldots + (A_n)_0 p_n.$$
$$v_1 = (A_0)_1 p_0 + (A_1)_1 p_1 + \ldots\ldots + (A_k)_1 p_k + \ldots\ldots + (A_n)_1 p_n.$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$v_k = (A_0)_k p_0 + (A_1)_k p_1 + \ldots\ldots + (A_k)_k p_k + \ldots\ldots + (A_n)_k p_n.$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$v_n = (A_0)_n p_0 + (A_1)_n p_1 + \ldots\ldots + (A_k)_n p_k + \ldots\ldots + (A_n)_n p_n.$$

Nous avons là un système de $n+1$ équations du premier degré à $n+1$ inconnues qui détermine les valeurs des forces p_0, p_1 ..... p_n sous l'action desquelles la flexion caractérisée par les ordonnées v_0, v_1 ..... v_n se produit.

THÉORÈME II. — *Dans une poutre droite fléchie, de section constante ou variable, à extrémités libres ou encastrées, pour un déplacement déterminé* u_k *d'un point K de la ligne moyenne, estimé suivant un axe parallèle à la direction primitive de celle-ci, et obtenu par l'action d'une force unique* p *perpendiculaire à cet axe, le travail de flexion minimum a lieu lorsque l'abscisse de la force* p *a une valeur déterminée, indépendante de* u_k *et de* p.

Soit AB (fig. 6) la poutre considérée. Le travail de flexion, c'est-à-dire le travail emmagasiné par la poutre fléchie considérée au repos, est, comme on sait :

$$\mathfrak{T} = \frac{1}{2}\int_B^A \frac{M^2}{EI}\,dx.$$

En vertu de la formule :

$$M = (\alpha_0)_k p_0 + (\alpha_1)_k p_1 + \ldots\ldots + (\alpha_n)_k p_n,$$

nous pouvons écrire :

$$\mathfrak{T} = \alpha p^2 \qquad (1)$$

FIG. 6.

α étant un coefficient variable seulement avec l'abscisse X de la force p.

D'autre part, à cause de la formule générale :

$$u_k = (B_0)_k p_0^2 + (B_1)_k p_1^2 + \ldots\ldots + (B_n)_k p^2,$$

on aura, pour le déplacement du point K suivant l'axe des x, une expression de la forme :

$$u_k = B p^2 \qquad (2)$$

B étant, ici encore, un coefficient variable seulement avec l'abscisse X de la force p.

Des équations (1) et (2), nous tirons :

$$\mathfrak{T} = u_k \frac{\alpha}{B}.$$

Le minimum de T aura lieu quand la dérivée du deuxième membre sera nulle, c'est-à-dire quand on aura :

$$\frac{d.\left(\frac{\alpha}{B}\right)}{dX} = o.$$

Comme α et B sont indépendants de u_k et de p, la valeur de X que l'on tirera de cette équation, valeur qui correspond au travail de flexion minimum, sera aussi indépendante de ces deux quantités. C'est ce que nous voulions démontrer.

THÉORÈME III. — *Dans une poutre droite fléchie, de section constante ou variable, à extrémités libres ou encastrées :*

1° Un déplacement élastique déterminé u_k *d'un point K de la ligne moyenne, estimé suivant un axe parallèle à la direction primitive de celle-ci, peut s'obtenir d'une infinité de manières par l'action de forces* p_x *appliquées sur la poutre normalement à sa ligne moyenne ;*

2° Le travail de flexion minimum, pour le déplacement u_k *du point K, est donné par une force unique* p_x *d'abscisse indépendante de* u_k.

Démonstration de la première partie du théorème. — Soit AB la ligne moyenne d'une poutre droite simple, de section constante ou variable, dont les extrémités A et B sont libres ou encastrées. Nous divisons cette ligne en intervalles égaux Δx aussi petits que l'on voudra et désignés, de B à A, par les numéros 0, 1, 2, 3 ..... n. Dans chacun de ces intervalles, nous appliquons sur la poutre, perpendiculairement à AB, une force p_x. Cette force sera désignée par p_0 pour l'intervalle o, par p_1 pour l'intervalle 1, etc., par p_n pour l'intervalle n.

Le déplacement élastique u_k a pour expression :

$$u_k = (B_0)_k\, p_0^2 + (B_1)_k\, p_1^2 + \ldots\ldots + (B_n)_k\, p_n^2. \qquad (1)$$

les coefficients $(B_0)_k$, $(B_1)_k$ ..... $(B_n)_k$ étant constants.

Les intervalles Δx étant aussi petits que l'on veut, le nombre des termes du second membre de l'égalité ci-dessus est aussi grand que l'on veut.

Nous disons qu'il existe un nombre infini de groupes de valeurs de p_0, p_1..... p_n pour chacun desquels l'égalité (1) est satisfaite. En effet, donnons à n des quantités p_0, p_1..... p_n des valeurs arbitraires, nulles si on veut. La $n + 1^{ième}$ sera alors déterminée par l'équation du second degré (1). Si, par exemple, c'est la force p_i que cette équation doit fournir, on donnera au coefficient $(B_i)_k$ un signe tel que la valeur de p_i soit réelle. Ce signe déterminera le sens suivant lequel devra agir la force p_i.

On peut répéter ces opérations autant de fois que l'on veut. La première partie du théorème est donc démontrée.

Parmi tous ces groupes de valeurs de p_0, p_1..... p_n qui produisent le déplacement u_k du point K, le plus intéressant est celui qui donne le travail de flexion minimum. C'est l'objet de la deuxième partie du théorème de démontrer que ce groupe se réduit à une force unique.

Démonstration de la deuxième partie du théorème. — Supposons que le minimum du travail de flexion correspondant au déplacement u_k du point K soit donné par plusieurs forces p_0, p_1. .... p_n, perpendiculaires à la ligne moyenne de la poutre. Si ces forces donnent ensemble le travail de flexion minimum, pour le déplacement u_k, chacune d'elles doit donner le travail de flexion minimum pour le déplacement particulier du point K qu'elle produit. Chacune de ces forces doit donc avoir, en vertu du théorème II, une même abscisse indépendante des déplacements u du point considéré. Toutes les forces p_0, p_1..... p_n se réduisent ainsi à une force unique perpendiculaire à l'axe de la poutre et d'abcisse indépendante de u_k. C'est ce qu'il fallait démontrer.

ÉQUATION DES PRISMES CHARGÉS DE BOUT

Le problème des prismes chargés de bout se pose ainsi :

Étant donné un prisme chargé de bout, trouver une valeur telle que pour toute charge plus petite que cette valeur, le prisme ne peut se fléchir.

Soit BA (fig. 7) un prisme à section constante ou variable soumis à l'action d'une charge de bout N. Pour fixer les idées nous le supposons encastré en B et libre en A. L'équation d'équilibre que nous allons établir pour ce cas s'établirait aussi bien pour tout autre. Soit BA' une position du prisme fléchi sous l'action de cette charge. Quel est le travail ϖ de la flexion produite, abstraction faite de la compression longitudinale ?

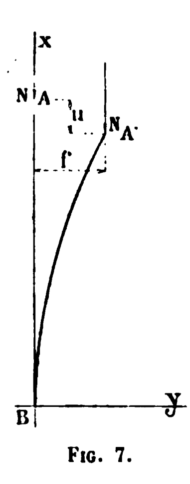


FIG. 7.

Puisque, en vertu de notre théorème fondamental I, nous pouvons regarder la flexion comme produite par des forces dirigées perpendiculairement à la ligne moyenne, nous sommes en droit d'appliquer ici la formule connue :

$$\varpi = \frac{1}{2}\int_B^{A'} \frac{M^2}{EI}\,dx.$$

Ainsi le travail de flexion est :

$$\frac{1}{2}\int_B^{A'} \frac{M^2}{EI}\,dx = \frac{1}{2}\int_B^{A'} \frac{N^2 (f-y)^2}{EI}\,dx.$$

Quel est, d'autre part, le travail de la charge N pour le déplacement u de son point d'application ?

C'est :

$$N\int_B^{A'} \frac{M (f-y)}{EI}\,dx = \int_B^{A'} \frac{N^2 (f-y)^2}{EI}\,dx.$$

C'est le double du travail précédent.

Ainsi :

Si une flexion du prisme se produit, le travail de la charge est le double du travail de flexion.

Donc :

Pour que le prisme ne puisse pas fléchir, il faut que le travail de la charge, pour un déplacement u *quelconque de son point d'application, soit inférieur au double du travail de flexion, c'est-à-dire que l'on ait :*

$$Nu < 2\varpi.$$

Au lieu de rechercher la valeur du travail de flexion ϖ, ce qui nous eût conduit à des équations difficiles à résoudre dans le cas de prismes à section variable, c'est-à-dire à rien de mieux que la

théorie actuelle, nous avons cherché à évaluer le travail minimum de flexion pour un déplacement quelconque u du point d'application de la charge.

En vertu du théorème fondamental III, ce travail de flexion minimum est donné par une force unique appliquée sur la poutre perpendiculairement à sa ligne moyenne ; l'abscisse de cette force est indépendante de la valeur de u. L'expression de ce travail minimum, que nous désignerons par $\mathfrak{T}_m$, est d'ailleurs de la forme :

$$\mathfrak{T}_m = \rho u,$$

ρ étant un coefficient indépendant de u, dépendant seulement des dimensions et de l'élasticité de la poutre. Ce coefficient a pour valeur le minimum du rapport $\frac{\alpha}{B}$ qui est apparu dans la démonstration du théorème II.

Ainsi, au lieu de l'inégalité :

$$Nu < 2\mathfrak{T},$$

nous prenons la suivante :

$$Nu < 2\mathfrak{T}_m,$$

et si celle-ci est satisfaite, la première le sera également puisque $\mathfrak{T}_m$ est inférieur à $\mathfrak{T}$.

En remplaçant $\mathfrak{T}_m$ par sa valeur ρu, il vient :

$$N < 2\rho.$$

Telle est l'équation des prismes chargés de bout que nous avions en vue.

En résumé, nous pouvons énoncer la règle générale suivante :

Règle générale. — Pour trouver la valeur du poids qu'il ne convient pas de dépasser pour la charge de bout d'un solide prismatique, à section constante ou variable, à extrémités libres ou encastrées, il faut :

1° L'axe des x étant la ligne moyenne naturelle du prisme, considérer une force p d'abscisse X agissant sur le solide perpendiculairement à sa ligne moyenne et chercher la valeur α du coefficient de p^2 dans l'expression $\mathfrak{T} = \alpha p^2$ du travail de flexion donné par la force p ;

2° Chercher la valeur du coefficient B de p^2 dans l'expression $u = Bp^2$ du déplacement élastique, estimé suivant l'axe des x, de l'extrémité chargée du prisme ;

3° Former le rapport $\frac{2\alpha}{B}$, qui est une fonction de X, et cher-

cher son minimum 2ρ. Ce minimum est la valeur de la charge limite qu'il ne faut pas atteindre.

APPLICATION AU CALCUL DES PRISMES A SECTION CONSTANTE

Prisme à section constante entièrement libre à une extrémité et encastré à l'autre. — Nous commencerons par chercher l'équation de la fibre moyenne fléchie sous l'action de la force p. x et y désignant les coordonnées d'un point quelconque de cette fibre par rapport aux axes Bx et By, on a la formule :

$$y = x\int_0^x \frac{M}{EI}dx - \int_0^x \frac{Mx}{EI}dx.$$

En remplaçant M par sa valeur p (X — x), il vient après intégration :

$$y = \frac{p}{EI}\left(\frac{Xx^2}{2} - \frac{x^3}{6}\right).$$

Fig. 8.

Calcul de $\mathcal{C} = \frac{pf}{2} = \alpha p^2$. — La flèche f, c'est-à-dire l'ordonnée du point d'application de la force p, s'obtient en faisant $x = X$ dans l'expression de y. On a ainsi :

$$f = \frac{pX^3}{3EI}.$$

Le coefficient α a donc pour valeur :

$$\alpha = \frac{X^3}{6EI}.$$

Calcul de u $= Bp^2$. — Le déplacement élastique u de l'extrémité A du prisme est égal au déplacement u_k du point d'application K de la force p. Celui-ci a pour expression :

$$u_k = -f\int_0^k \frac{M}{EI}dx + \int_0^k \frac{My}{EI}dx.$$

En remplaçant dans cette expression M par p (X — x) et y par $\frac{p}{EI}\left(\frac{Xx^2}{2} - \frac{x^3}{6}\right)$, puis intégrant, il vient :

$$u_k = -p^2\frac{2X^5}{15(EI)^2}.$$

De là, nous concluons que :

$$B = \frac{2X^5}{15(EI)^2}.$$

Valeurs du rapport $\frac{2\alpha}{B}$ *et du maximum de* N. — Le rapport $\frac{2\alpha}{B}$ a pour expression, comme on le voit immédiatement :

$$\frac{5EI}{2X^2}.$$

La valeur de N, selon notre règle générale, ne doit pas atteindre le minimum de ce rapport, c'est-à-dire :

$$\frac{5}{2}\cdot\frac{EI}{l^2}.$$

Ainsi, pour que la stabilité d'un prisme de section constante, encastré à sa base, et entièrement libre à son sommet soit assurée, il suffit que la charge soit inférieure à :

$$\frac{5}{2}\cdot\frac{EI}{l^2}.$$

Pour les trois autres cas que l'on peut encore rencontrer, les résultats s'obtiennent en opérant de la même façon. Nous les consignons, avec le premier, dans le tableau page 604, dans lequel nous faisons figurer également les résultats fournis par la théorie ancienne.

APPLICATION AU CALCUL DES PRISMES A SECTION VARIABLE

I. — ***Prisme à section variable encastré à sa base et entièrement libre à son sommet.*** — Soit CD cd (fig. 13) le prisme dont BA est la ligne moyenne. De B à A les sections transversales vont en décroissant. Il s'agit de déterminer le minimum du rapport $\frac{2\mathfrak{T}}{u} = \frac{pf}{u}$.

Supposons trouvées les différentes valeurs de ce rapport pour toutes les positions de la force p de B à A. Portons ces valeurs en ordonnées perpendiculaires à BA ; ces ordonnées, comptées à partir de la ligne moyenne, auront leurs extrémités sur une courbe EFG. L'ordonnée minimum sera par exemple FF'. La charge théorique N est donc immédiatement inférieure à FF'.

Considérons maintenant le prisme CDC_1D_1. Pour ce prisme, le

DISPOSITIONS DES PRISMES	N Libre; l; Section dangereuse, Encastré	N Libre; l; Section dangereuse; Libre	N Libre; l; 2 Sections dangereuses; Encastré	N Encastré; l; Encastré
Charge N pour laquelle la stabilité du prisme est assurée. . . . . . . Théorie ancienne.	$N < \frac{\pi^2}{4} \frac{EI}{l^2}$ ou $N < 2,4674 \frac{EI}{l^2}$	$N < \pi^2 \frac{EI}{l^2}$ ou $N < 9,86965 \frac{EI}{l^2}$	$N < 2\pi^2 \frac{EI}{l^2}$ ou $N < 19,7393 \frac{EI}{l^2}$	$N < 4\pi^2 \frac{EI}{l^2}$ ou $N < 39,4786 \frac{EI}{l^2}$
Théorie nouvelle.	$N < \frac{10}{4} \frac{EI}{l^2}$ ou $N < 2,5 \frac{EI}{l^2}$	$N < 10 \frac{EI}{l^2}$	$N < 20 \frac{EI}{l^2}$	$N < 40 \frac{EI}{l^2}$

minimum du rapport $\frac{pf}{u}$ est encore FF′. La charge théorique N′ est donc immédiatement inférieure à FF′, c'est-à-dire que :

$$N' = N.$$

Or, il est logique d'admettre, après l'examen des résultats obtenus pour les prismes à section constante, que la théorie doit conduire à une valeur de N′ supérieure à celle de N. Il faut, en conséquence, que le point le plus bas de la courbe EFG ne soit pas en F. Comme le point F a été choisi arbitrairement, la courbe EG ne peut donc présenter son point le plus bas qu'en G. Ainsi, le minimum du rapport $\frac{pf}{u}$, pour un prisme à section variable comme pour un prisme à section constante encastré en bas et entièrement libre en haut, a lieu lorsque la force p est appliquée perpendiculairement à la fibre moyenne, à l'extrémité libre de celle-ci.

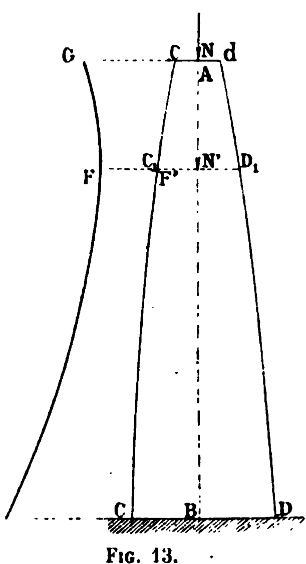


Fig. 13.

Calcul graphique du rapport $\frac{pf}{u}$

Il serait, en général, assez long de calculer analytiquement le rapport $\frac{pf}{u}$. Il est de beaucoup préférable de faire les opérations graphiques que nous allons décrire.

Détermination des ordonnées de la ligne moyenne fléchie. — Proposons-nous de calculer graphiquement l'ordonnée y' d'un point K d'abscisse x' de la ligne moyenne fléchie. L'expression analytique de y' est, comme on sait :

$$y' = \int_0^{x'} \frac{M}{EI}(x' - x)\,dx,$$

ou, en supposant E constant :

$$y' = \frac{1}{E}\int_0^{x'} \frac{M}{I}(x' - x)\,dx,$$

ce que nous écrirons :

$$y' = \frac{1}{E}\sum_{0}^{x}\frac{M}{I}(x' - x)\,\Delta x = \frac{\Delta x}{E}\sum_{0}^{x}\frac{M}{I}(x' - x).$$

L'expression de M est $p\,(l - x)$. Pour tous les points de la ligne moyenne on calculera la valeur du rapport $\frac{p\,(l-x)}{I}$. On partagera la ligne moyenne BA en un certain nombre de parties égales entre elles, par exemple en huit parties numérotées, de B à A, 1, 2, 3,

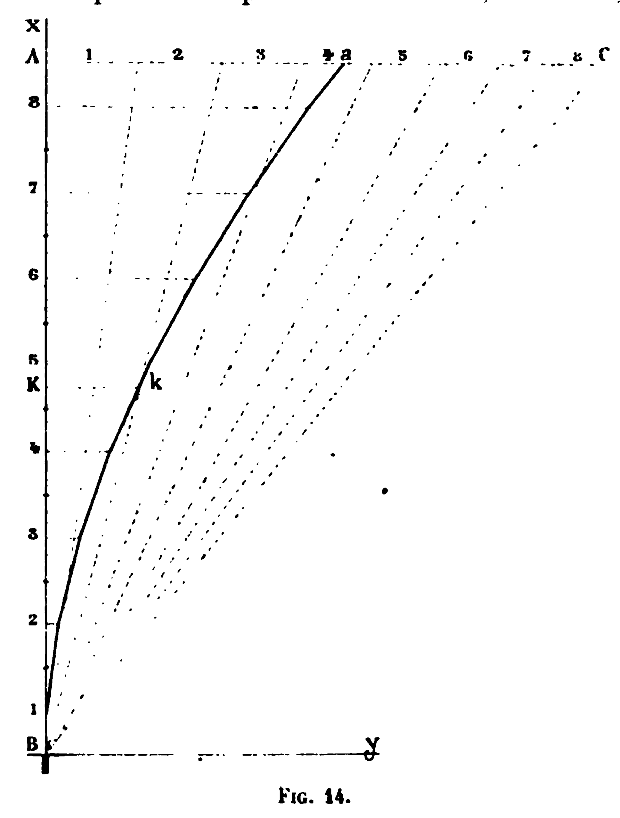


Fig. 14.

4, 5, 6, 7 et 8 (fig. 14). Au milieu de chacune de ces divisions, on appliquera une force fictive $\frac{M}{I}$ parallèle à By et dirigée dans le sens des y positifs.

On tracera le polygone AC de ces forces $\frac{M}{I}$. On prendra le point B pour pôle, c'est-à-dire BA $= l$ pour distance polaire. On tracera enfin le polygone funiculaire Ba relatif aux forces 1, 2, 3.....8 et au pôle B.

D'après une propriété connue des polygones funiculaires, le moment, par rapport à un point quelconque K de la ligne moyenne BA, des forces fictives 1, 2, 3.....8, est égal au produit de la distance polaire l par l'ordonnée Kk du point du polygone funiculaire dont l'abscisse a son extrémité en K. Or, ce moment a pour expression :

$$\sum_0^x \frac{M}{I}(x'-x) = \frac{E}{\Delta x} y'.$$

Donc :

$$\frac{E}{\Delta x} y' = l \times Kk,$$

l étant lu à l'échelle des forces et Kk à l'échelle des longueurs. De là nous tirons :

$$y' = \frac{l \times Kk \times \Delta x}{E}.$$

Comme l, Δx et E sont des constantes, on voit que le polygone funiculaire Ba peut représenter la ligne moyenne fléchie.

En particulier, la flèche f en A a pour valeur :

$$f = \frac{l \times Aa \times \Delta x}{E}.$$

Détermination du déplacement u *de l'extrémité libre du prisme.* — Proposons-nous de calculer graphiquement le déplacement élastique suivant l'axe Bx de l'extrémité A du prisme. L'expression analytique de ce déplacement est, comme on le sait :

$$u = \int_0^l \frac{M}{EI}(f-y)\,dx = \frac{1}{E}\int_0^l \frac{M}{I}(f-y)\,dx,$$

ce que nous écrirons :

$$\frac{\Delta x}{E}\sum_0^l \frac{M}{I}(f-y).$$

On reproduira à part la figure 14 moins le polygone des forces $\frac{M}{I}$ et les rayons polaires issus du pôle B.

On appliquera sur la ligne moyenne fléchie des forces fictives $\frac{M}{I}$ parallèles à Bx et dirigées toutes dans le même sens, puisque les moments fléchissants sont tous de même signe. Les points d'application de ces forces sont les mêmes que ceux dont on a fait usage précédemment.

On tracera le polygone bD de ces forces $\frac{M}{I}$ (fig. 15). On prendra le point B pour pôle, c'est-à-dire $Bb = Aa$ pour distance polaire.

On tracera enfin le polygone funiculaire Bb' relatif aux forces $\frac{M}{I}$ et au pôle B.

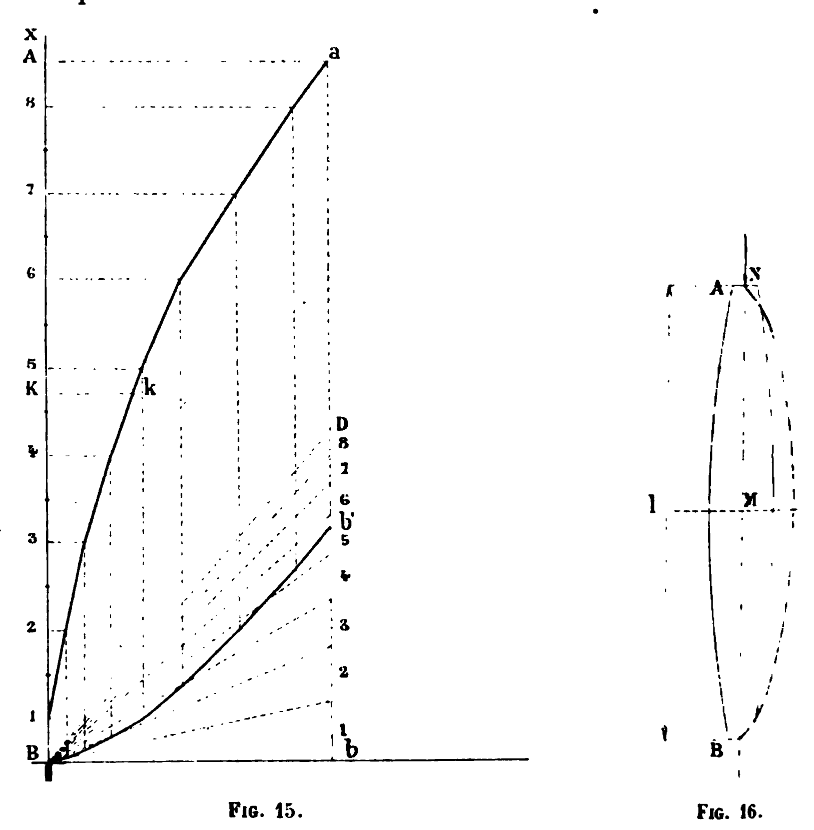


FIG. 15. FIG. 16.

D'après une propriété connue des polygones funiculaires, le moment, par rapport au point a de la ligne moyenne fléchie Ba, des forces fictives $\frac{M}{I}$, est égal au produit de la distance polaire Aa par le segment bb'. Or, ce moment a pour expression :

$$\sum_{0} \frac{M}{I} (Aa - Kk) = \frac{E}{l\Delta x} \sum_{0}^{l} \frac{M}{I} (f - y) = \frac{E}{l\Delta x} \cdot \frac{E}{\Delta x} \cdot u.$$

Donc :

$$\frac{E}{\Delta x} \cdot \frac{E}{l\Delta x} \cdot u = Aa \times bb',$$

Aa étant lu à l'échelle des longueurs et bb' à l'échelle des forces. De là, nous tirons :

$$u = \frac{Aa \times bb' \times \Delta x^2 \times l}{E^2}.$$

Valeurs du rapport $\frac{pf}{u}$ *et de* N. — Ces valeurs s'obtiennent immédiatement.

La première est :

$$\frac{pf}{u} = \frac{p \times l \times Aa \times \Delta x}{E} \times \frac{E^2}{Aa \times bb' \times \Delta x^2 \times l} = \frac{pE}{bb' \times \Delta x}.$$

Pour la seconde, on a :

$$N < \frac{pE}{bb' \times \Delta x}.$$

Rappelons que bb' doit être mesuré à l'échelle des forces comme p et que Δx est une longueur dont la valeur est $\frac{l}{n}$, en désignant par n le nombre des divisions égales de la longueur l du prisme.

II. — ***Prisme à section variable non encastré à ses extrémités, lesquelles sont assujetties à se trouver constamment sur la ligne d'action de la charge.***

Soit BA le prisme (fig. 16). Sa section maximum se trouve au milieu M de sa longueur. Il est d'ailleurs symétrique par rapport au plan perpendiculaire à sa ligne moyenne passant par le point M. S'il vient à fléchir, la flexion est également symétrique par rapport à ce plan. La section M se déplace dans son plan et, par conséquent, on peut regarder le prisme AB de longueur l comme composé de deux prismes MA et MB de longueur $\frac{l}{2}$ chacun, encastrés tous les deux en M et respectivement libres en A et en B. On étudiera l'un quelconque de ces deux prismes semblables comme nous venons de l'indiquer. La valeur de N trouvée sera celle qui convient également au prisme AB.

Prisme à liaisons réparties en nombre quelconque sur toute la longueur. — Nous venons d'examiner les prismes soumis à des liaisons à une ou aux deux extrémités seulement. Si un prisme a des liaisons en nombre quelconque réparties en différents points de sa longueur, on sait qu'on peut ramener son étude à celle de prismes simplement liés à une ou aux deux extrémités.

Marche à suivre dans la pratique pour l'étude d'un prisme chargé de bout. — Prenons, par exemple, un prisme encastré à sa base et entièrement libre à son sommet. Dans la pratique, on fera supporter à ce prisme une charge N′ bien inférieure à la charge théorique N donnée par l'équation :

$$N = \frac{pf}{u}.$$

Malgré cela, pour une cause quelconque, une flexion momentanée pourra se produire. C'est surtout cette flexion accidentelle qui est à craindre. On opérera donc de la manière suivante :

On se donnera le déplacement le plus grand que puisse prendre l'extrémité libre du prisme. On pourra alors vérifier si la condition de résistance est satisfaite. Pour la flexion considérée, en tous les points du prisme, on devra avoir une résistance inférieure ou au plus égale à un coefficient déterminé dépendant de la nature de la matière du prisme. Cette vérification se fera en regardant la flexion comme produite par une force unique p appliquée normalement à la fibre moyenne à l'extrémité libre du prisme.

Si certaines considérations n'empêchent pas de le faire, on donnera au prisme la forme d'égale résistance pour la force p et la charge N′.

La vérification de résistance à une flexion donnée étant faite, il restera à vérifier que la charge pratique N′ est bien inférieure à la charge théorique N. On pourra toujours faire en sorte qu'il en soit ainsi en exagérant au besoin, pour plus de sécurité, le déplacement le plus grand que puisse prendre l'extrémité du prisme.

S'il s'agit d'un prisme dont les extrémités ne sont pas encastrées mais sont d'ailleurs assujetties à rester sur la même ligne droite, on se donnera le déplacement le plus grand que puisse prendre le milieu du prisme et on fera ensuite les mêmes vérifications que précédemment.

NOTE

SUR

L'ÉPURATION PRÉALABLE DE L'EAU D'ALIMENTATION

DES LOCOMOTIVES

AU CHEMIN DE FER DU NORD

PAR

MM. CARCENAT ET DERENNES

SOMMAIRE

---

1. — Objet de cette Note.

En présentant cette Note à la Société des Ingénieurs civils, notre intention n'est pas de fournir des vues nouvelles ou des procédés inconnus sur l'épuration des eaux, ni d'examiner dans toute sa généralité ce problème tant de fois abordé, qui consiste à traiter chimiquement les eaux impures pour en séparer les matières nuisibles soit à l'industrie, soit à l'hygiène.

Toutes ces questions sont extrêmement intéressantes, et la région du Nord nous offre malheureusement sur ce sujet un vaste champ d'études et d'expériences. Les eaux de puits et de sources y sont chargées de sels incrustants ; la plupart des rivières et souvent les nappes souterraines sont infectées par les déjections des usines ; la Deûle, l'Escaut, la Lys, sont en certains points de véritables réceptacles d'immondices, et c'est un spectacle attristant de voir de grandes villes comme Dunkerque, Roubaix, Tourcoing, Armentières, n'avoir encore à leur disposition pour leur industrie et même leurs habitations que des eaux souvent fétides et répugnantes.

Mais, pour aujourd'hui, notre but est uniquement d'examiner devant vous d'une façon sommaire le parti que la Compagnie du Chemin de fer du Nord a tiré depuis trente ans des différentes méthodes préconisées pour traiter préalablement les eaux d'alimentation des locomotives ; à décrire les types principaux d'installation qui fonctionnent en ce moment sur un pied de pratique absolue ; à fournir les chiffres de mètres cubes d'eau traités journellement et les prix de revient ; enfin, comme conclusion, à indiquer l'économie obtenue et le progrès réalisé, par la comparaison des dépenses courantes avec les suppléments de frais d'entretien des locomotives qui résulteraient de l'usage de l'eau non dépouillée des sels incrustants.

2. — Désincrustants.

Rappelons d'abord, pour mémoire, que la solution du problème dont nous nous occupons a été tentée par l'emploi des produits variés désignés sous le nom de *désincrustants*.

Ces produits, tantôt liquides, tantôt pâteux, tantôt solides ou en poudre, sont constitués par les éléments les plus divers : acides.

alcalis, sels, sucres, gommes, glycérine, savons, matières amylacées, extraits végétaux, hydrocarbures, gélatine, argile, métaux, etc. Nous ne les condamnons pas d'une manière absolue. Ils ont très souvent une efficacité réelle : tantôt ils transforment les sels incrustants en sels solubles et matières volatiles; tantôt ils augmentent la solubilité des sels incrustants ; tantôt, par leur action chimique ou physique, ils font passer, par exemple, le carbonate de chaux de la structure compacte à la structure neigeuse ; d'autres fois, ils agissent en interposant entre les molécules en voie de cristallisation des matières étrangères qui s'opposent à l'adhérence ; souvent ils précipitent les sels de chaux à l'état de combinaison pulvérulente avec une matière organique, combinaison de la nature des *laques*. Parfois l'action, parfaitement certaine, est complexe et d'une explication plus difficile. Quelquefois ces désincrustants ne produisent aucun effet ; dans certains cas aussi ils deviennent nuisibles ou dangereux : tantôt en déterminant la corrosion chimique des métaux de la chaudière; tantôt en causant la destruction physique par surchauffe de certaines tôles, en raison de l'accumulation, en des points déterminés, soit des matières ajoutées, soit des dépôts pulvérulents résultant de l'évaporation ; tantôt en produisant des ébullitions mousseuses ou des crachements ; tantôt en rendant nécessaires des lavages plus fréquents ou des extractions, par suite de la concentration de sels solubles dans la chaudière ; tantôt encore en gênant le fonctionnement des appareils d'alimentation et de sûreté, etc.

L'action du même désincrustant peut d'ailleurs être utile, nulle ou nuisible, suivant les cas : nature de l'eau, type, dimension, conditions de marche des chaudières, c'est-à-dire allure du foyer, rapidité de la vaporisation, service continu ou intermittent, etc.

Ajoutons que la dépense est souvent assez importante, le prix de vente des désincrustants étant bien supérieur à la valeur réelle des éléments qui les constituent.

Il est inutile, pensons-nous, d'étayer ces généralités par des exemples. Il n'est personne d'entre nous qui n'ait été plus ou moins sollicité par un inventeur de tartrivore supérieur à tous les autres et produisant 30 0/0 (c'est le chiffre) d'économie de combustible ; nous n'insisterons donc pas. Si la Compagnie du Nord a essayé, essaie et essaiera des réactifs désincrustants pour ses chaudières fixes, il n'est pas entré depuis longtemps 1 *kg* de ces matières dans un générateur de locomotive. L'appareil dit *électrogène* a donné des résultats assez satisfaisants dans certains dépôts,

pendant que dans d'autres l'effet produit était sinon nul, du moins insignifiant.

3. — Principe de l'épuration chimique.

L'épuration préalable des eaux d'alimentation donne une meilleure solution de la question des incrustations. Dans cette opération on dépouille les eaux, par un traitement approprié, des sels incrustants qu'elles contiennent.

Les incrustations sont constituées le plus souvent par du carbonate et du sulfate de chaux. Nous nous efforçons, avant tout, de n'avoir à traiter que des eaux ne contenant que du carbonate de chaux, avec point ou peu de sulfate de chaux. Pour cela, nous faisons une étude comparative des qualités des eaux du pays et nous établissons, s'il le faut, nos prises d'eau importantes à plusieurs kilomètres des gares à desservir.

Si l'eau ne contient que du carbonate de chaux, un traitement à la chaux suffit : on sature l'acide carbonique libre et demi-combiné par une quantité de chaux exactement équivalente. S'il y a aussi un peu de sulfate de chaux, on ajoute au lait de chaux du carbonate de soude en quantité équivalente à ce sulfate. La chaux est précipitée à l'état de carbonate, et il reste dans le second cas en dissolution un peu de sulfate de soude.

Le liquide laiteux ainsi obtenu doit être clarifié soit par un repos réel ou relatif, soit par une filtration immédiate, soit par les deux moyens successifs afin d'arriver limpide dans les réservoirs de distribution.

Quand l'épuration se fait à la chaux seule, et c'est le cas le plus ordinaire, le prix du réactif est insignifiant ; **20** *kg* de chaux vive pour 100 m^3 d'eau, proportion très ordinaire, ne coûtent que 0,35 *f*.

La chaux s'emploie soit à l'état d'eau de chaux, soit à l'état de lait de chaux. On verra dans la description de nos appareils que nous préférons le lait de chaux.

L'épuration devient plus coûteuse quand on a recours à la soude. Nous employons le carbonate de soude Solvay, du prix de 15 *f* les 100 *kg*. Pour 100 m^3 d'eau il faut **2,65** *kg* de carbonate de soude par degré hydrotimétrique en sulfate de chaux, alors qu'il ne faut par degré en carbonate de chaux, que **1,4** *kg* de chaux pure (souvent **2** *kg* de la chaux telle qu'on la trouve dans l'industrie).

Un très petit excès de soude ne nuit pas; il sert de régulateur pour parer aux variations de qualité de l'eau et de la chaux, et aux irrégularités de dosage.

Les eaux de la craie, qui ne contiennent que du carbonate de chaux quand elles sont pures, sont régulièrement ramenées par l'emploi de la chaux seule à 5° hydrotimétriques; d'autres eaux de composition plus complexe sont ramenées à 7° ou 8°; nous nous contentons aussi de ce résultat quand nous employons la soude, quoiqu'il soit facile d'avoir mieux.

4. — Contrôle chimique.

Nous bornerons à ces généralités, d'ailleurs très connues, le point de vue chimique de la question. L'un de nous se propose de donner ultérieurement quelques développements à ce sujet. Il indiquera notamment les procédés extrêmement simples, à la portée du premier chauffeur venu, par lesquels on peut en un instant, avec des dépenses pour ainsi dire nulles, déterminer la quantité du réactif à employer, contrôler à tout moment le résultat obtenu, et reconnaître les modifications à apporter aux dosages.

Nous regardons ce contrôle comme essentiel. Si l'épuration préalable des eaux n'est pas une pratique universellement répandue, c'est surtout, pensons-nous, parce qu'on ne connaît pas assez ces procédés analytiques sommaires dont nous nous sommes efforcés de simplifier beaucoup l'application.

5. — Anciens appareils.

Passons maintenant à la description des appareils établis sur le réseau du Nord.

Nous ne ferons pas ici un historique de la question de l'épuration des eaux, très étudiée depuis longtemps en France et à l'étranger.

Diverses communications ont été faites d'ailleurs à ce sujet à la Société des Ingénieurs civils; et, pour ne citer que celles qui sont relatives à l'épuration à la chaux des eaux destinées aux locomotives, rappelons que, dès 1851, Camille Polonceau montrait le moyen de purifier l'eau d'alimentation des chaudières dans des réservoirs étagés. Plus tard, en 1861, M. Chavès décrivait dans un mémoire les premiers appareils établis au chemin de fer du Nord

dans la gare de Fives-Lille ; plus tard encore, en 1874, Forquenot présentait une note sur deux installations du réseau d'Orléans, à Aigrefeuille et la Neuville-aux-Bois, installations qui n'ont pas dû se développer beaucoup, car Forquenot lui-même paraissait croire que le liquide antitartrique adopté par la Compagnie d'Orléans devait suffire à tous les besoins ; ce liquide était, disait-il, composé de carbonate de soude et de teinture d'orseille ou de bois de campêche.

Sans reproduire la description faite en 1861 des premiers appareils d'épuration établis à Fives-Lille, disons que les réservoirs sur tours très élevées, projetés par M. Alquié, ingénieur du matériel des voies, à l'instigation du regretté M. Ferdinand Mathias, qui a toujours été un des plus ardents vulgarisateurs de l'épuration préalable ; ces réservoirs, disons-nous, étaient établis pour traiter 200 m^3 par jour. Ils rendirent des services, mais furent bientôt insuffisants. On eut recours à des expédients pour accroître dans une certaine mesure le volume d'eau soumis à l'épuration ; aujourd'hui la consommation dans les gares de Lille dépasse souvent 1 000 m^3 par jour ; les réservoirs de 1860 qui ont disparu depuis quinze ans y feraient maigre figure.

Pour obtenir à moins de frais un autre type d'installation, M. Alquié prescrivit, à l'imitation de ce qui s'était fait sur le réseau d'Orléans, de traiter l'eau pompée, dans des réservoirs placés sur le sol ; après un repos de 24 heures, on recevait dans une citerne l'eau décantée et filtrée ; elle était reprise par un deuxième jeu de pompes et refoulée dans les réservoirs de distribution.

Ce système, établi en 1862 à Douai, et en 1867 à Hazebrouck, a été décrit et figuré dans le très intéressant mémoire de MM. Brüll et Langlois sur les incrustations de chaudières (1). Il a fonctionné quinze ans environ dans chacune de ces gares. Il a été abandonné parce qu'il ne se prêtait pas plus que le précédent à une production un peu élastique d'eau épurée ; que le double pompage, peu rationnel, exigeait un supplément de mécanismes et de main-d'œuvre ; et parce que des remaniements de ces gares ayant exigé le déplacement des appareils, on a jugé inutile de les rétablir sur un autre point à cause des inconvénients précités.

(1) *Revue universelle des mines*, etc. de Cuyper, t. XXV et XXVI (1869).

6. — Épuration dans de grands réservoirs en maçonnerie.

Sur ces entrefaites, on eut l'occasion, vers 1872, d'établir dans certaines gares de grandes citernes en maçonnerie pouvant contenir cinq ou six fois la consommation journalière ; dès lors une solution du problème était indiquée, au moins en principe. On pouvait organiser le traitement de l'eau dans ces bassins cimentés et divisés en au moins trois compartiments, de façon à en avoir un en emplissage, un autre au repos et le troisième en vidange sur le réservoir de distribution, réduit à une simple cuvette d'une capacité restreinte, mais toujours pleine d'eau épurée et limpide.

Cette disposition adoptée à Montreuil, Saint-Pol, Saint-Just, Creil, et enfin à Amiens, où nous traitons jusqu'à 2 000 m^3 par jour dans des bassins indiqués sur le plan présenté à la Société (voir planche n° 20), nécessitait la présence, à proximité de la gare, de terrains élevés où l'on pouvait, sans trop de frais, établir des réservoirs de grande capacité. Ces conditions ne se rencontrant pas toujours, on fut amené à s'occuper des appareils à production dite continue.

7. — Appareils continus.

Avec ces engins nouveaux, plus de réservoirs de décantation ; l'eau, après son contact avec le réactif, traverse lentement soit des filtres, soit des décanteurs à surface, soit les uns et les autres, et arrive claire au réservoir de distribution; tel est du moins le dispositif général de ces appareils dont vous nous épargnerez la nomenclature.

Ici nous allons peut-être toucher un point délicat et probablement nous attirer certaines répliques de la part des Ingénieurs qui construisent et propagent ces appareils dont le fonctionnement peut être du reste très régulier; mais nous devons à la vérité d'indiquer les résultats que nous avons obtenus à Laon et à Arras avec les procédés successifs de MM. Bérenger et Stingl.

Ces messieurs, dont les installations avaient été remarquées à l'exposition de Vienne (1873), obtinrent la commande d'un de leurs appareils pour la gare de Laon, où il fut installé en 1876, et où il subsiste encore après diverses et profondes modifications. Dans ces systèmes dits à action continue, le réactif est l'eau de chaux claire, dont le volume peut dépasser le tiers de celui de l'eau à épurer.

On voit déjà les inconvénients de cette opération préliminaire : la préparation de centaines de mètres cubes par jour d'une dissolution saturée de chaux, alors que dans nos appareils il suffit de délayer avec un petit volume d'eau de la chaux éteinte. Il existe, dit-on, des dispositifs dans lesquels la production du réactif est automatique, mais nous n'avons pas pu vérifier encore leur valeur pratique.

L'eau et le réactif dosés isolément par des pompes ou des valves à débit régulier se combinent dans un récipient appelé mélangeur, et de là, toujours sous la pression des pompes, ou d'une hauteur d'eau déterminée, le liquide encore trouble traverse des filtres dont la composition a donné lieu à trop d'essais infructueux pour que l'on s'y arrête, enfin arrive ou doit arriver clair et neutre au réservoir. M. Bérenger reconnut lui-même l'imperfection de ce premier appareil qui exigeait une main-d'œuvre trop considérable pour le nettoyage des filtres : ceux-ci retenaient en effet, à l'état de carbonate précipité, la totalité des sels de chaux de l'eau et la chaux-réactif, soit par jour 160 *kg* de matière sèche. Il fut autorisé à construire à Arras une autre installation munie de décanteurs méthodiques dans lesquels l'eau circulait lentement, déposait son précipité au passage, et coulait ou devait couler claire dans les réservoirs voisins, non sans avoir traversé des filtres de 6 à 7 m^3 de capacité, pleins de copeaux fibreux et placés à 10 *m* de hauteur (1).

Sans nous arrêter à certaines critiques de détail, disons qu'à Laon comme à Arras, au bout de quatre ou cinq ans, toutes les canalisations ont été engorgées de dépôts de carbonate de chaux, soit que les réactions d'épuration ne fussent pas terminées à la sortie des appareils, soit que les eaux imcomplètement décantées et mal filtrées eussent une tendance à déposer le précipité sur le pourtour des tuyaux, soit pour d'autres raisons qu'il serait trop long de discuter. Des engorgements de ce genre avaient été signalés dès 1851 par Camille Polonceau dans les essais faits sur le réseau d'Orléans. Cet inconvénient, qu'on ne peut supprimer qu'en laissant un temps suffisant à la réaction et au dépôt, n'a pas grande importance quand l'eau doit être utilisée immédiatement sur place par une chaudière à vapeur, ou par certaines usines, distilleries, blanchisseries, ou autres ; mais, à notre avis, il con-

(1) Les appareils Bérenger et Stingl ont été décrits dans diverses publications, notamment dans la *Revue Industrielle*, de 1874 ; dans les *Mémoires de la Société industrielle de Lille*, etc.

damne les appareils continus quand on se trouve en présence d'une longue distribution souterraine.

Un autre inconvénient, non moins sérieux, de ces dispositifs est qu'ils ne se prêtent à aucune extension s'il se produit un accroissement dans la consommation. Ainsi à Laon et à Arras la consommation s'est accrue progressivement du simple au triple. Aucune modification facile ne permet d'adapter les appareils à cette augmentation de production. En établir de nouveaux conduirait à des dépenses exagérées, et certainement inutiles, comme nous le prouverons par la suite. Ces installations doivent disparaître très prochainement ; elles seront remplacées par d'autres où nous appliquerons les types que nous vous présentons aujourd'hui, avec les améliorations indiquées par l'expérience.

8. — Canalisations.

Nous devons dire incidemment quelques mots sur les canalisations d'eau dans les grandes gares. En général, on doit éviter de se restreindre dans la limite stricte des besoins lorsqu'on détermine leur diamètre : s'il s'agit des conduites de refoulement, un calcul très simple permet de concilier facilement la dépense de premier établissement avec le débit des pompes et la force du moteur ; il n'en est pas de même des conduites de distribution : au chemin de fer du Nord, les accroissements de consommation d'eau et les nécessités d'alimentation rapide des tenders ont été tels que nous avons dû démonter jusqu'à quatre fois en trente ans des canalisations installées à l'origine en tuyaux de 0,08*m* de diamètre et les porter successivement à 0,135 *m*, 0,200 *m* et même 0,300 *m*.

9. — Épurations dans les réservoirs de consommation.

En présence des résultats défectueux pour certaines gares et pour la plupart des autres, insuffisants, et vu la nécessité où l'on se trouvait, non seulement de ne pas limiter, ou de ne pas interrompre la fourniture d'eau épurée, mais encore d'en étendre la production sans détruire les installations existantes, et sans être conduit à des durées de service journalier exagérées, on dut faire la constatation suivante :

Les appareils à production continue ont, dit-on, pour principal avantage de rendre inutiles les réservoirs de grandes capacités ; est-ce bien un avantage réel? La pratique nous démontre aujour-

d'hui que, dans les chemins de fer à trafic parfois intensif, l'absence de grands réservoirs est un inconvénient capital. Comme on ne peut, d'une façon générale, établir partout un double jeu de pompes en vue des réparations, et qu'il faut autant que possible limiter la durée du pompage, il est admis, au chemin de fer du Nord, que les réservoirs d'eau doivent avoir une capacité au moins égale à la consommation observée en 48 heures.

Dès lors, si une durée de 6 à 12 heures est suffisante pour obtenir la clarification après précipitation des sels de chaux, pourquoi ne pas procéder à l'opération chimique dans les réservoirs mêmes de la gare, qui seraient remplis, mis au repos et vidangés successivement?

Un premier essai fut tenté à Somain en 1879. La consommation de cette gare étant de 250 à 300 m^3, on dut compléter un groupe de 4 réservoirs de 150 m^3 formant un système dans lequel l'épuration de l'eau fut organisée par un roulement d'une grande simplicité, de façon à distribuer toujours l'eau la plus anciennement épurée, et à remplir successivement chaque réservoir aussitôt qu'il est devenu vide. Après quelques tâtonnements le service fut bientôt couramment établi. On ne tarda pas à apprécier les avantages qu'offre l'élasticité du système. En effet, cinq ans après, la consommation d'eau s'était élevée à 400 m^3 par jour; le service devenant difficile, on ajouta un 5e réservoir, une 2e pompe, on remplaça la locomobile par une de puissance supérieure, et la production de l'eau épurée continua sans désemparer avec un service journalier de 8 à 10 heures.

La consommation d'eau à Somain a atteint l'hiver dernier 600 m^3 en 24 heures; si la permanence du trafic l'exigeait, l'addition d'un 6e réservoir serait la solution indiquée, sans gêne ni interruption du travail de chaque jour.

Il est inutile de faire remarquer que si un appareil à production continue avait été installé en 1877 à Somain, il aurait dû être remplacé ou complété par l'addition d'un ou de deux autres appareils semblables, ce qui aurait doublé ou triplé le prix de la main-d'œuvre et n'aurait pas empêché l'installation de réservoirs d'une capacité proportionnelle aux besoins toujours croissants du service de la traction.

L'installation faite à Somain a été depuis reproduite avec de légères modifications et améliorations successives à Cambrai, Hazebrouck, Lens, Douai et enfin à la gare centrale de Calais.

Le dessin que nous mettons sous les yeux de la Société (voir

pl. 20) montre la disposition adoptée dans cette dernière gare ; une légende sommaire en indique le mode de fonctionnement.

Comme on ne trouve dans le voisinage de la ville et de la gare de Calais que des eaux dures ou saumâtres, mauvaises et non épurables, on a dû établir la prise d'eau à 5 *km* de la gare où se trouvent les réservoirs d'épuration et où se fait la consommation. L'eau refoulée par la pompe est dirigée au moyen d'un jeu de vannes successivement dans chaque cuve ; à son passage, on introduit dans le courant un filet de lait de chaux préparé d'avance dans les bâches cylindriques placées dans la cabine supérieure.

On doit, au moyen d'une agitation permanente, maintenir à peu près constante la densité du lait de chaux. On obtient ce résultat à Calais par un système simple d'agitateur composé de palettes mobiles et de contre-palettes fixes. Le mouvement est donné à bras d'homme au moyen d'un engrenage et d'une manivelle, parce qu'on se trouve éloigné du moteur ; mais sur tous les points où l'installation est près de la pompe, nous avons établi un renvoi de mouvement, avec câble et molettes, venant de la machine elle-même pour donner le mouvement à l'agitateur. Dans d'autres stations où la machine est éloignée de 80 à 100 *m* des réservoirs d'épuration, nous avons installé des agitateurs à vent ; le lait de chaux est alors brassé par un courant d'air continu chassé par une petite pompe soufflante placée près de la machine à vapeur.

Nous venons de réaliser à Lens, avec le concours du service télégraphique, un système de transport de force au moyen de deux petites dynamos, une génératrice mue par la locomobile de l'usine, et une réceptrice produisant environ 1/20 de cheval, attelée à une petite transmission aux agitateurs, éloignés de 150 *m* environ de la machine. Des dispositions sont prises pour établir ce dispositif sur les points distants de plus de 100 *m* des pompes à vapeur, ou sur ceux où se trouvent des accumulateurs électriques destinés à l'éclairage ou à d'autres usages.

L'eau entraînant son précipité est projetée dans la cuve ; la réaction s'y achève à loisir, la décantation se produit, et après un repos absolu qui peut être réduit à six heures au minimum, l'eau, prise près de son niveau par un tuyau à flotteur, est dirigée sur le réservoir de distribution en traversant une batterie de filtres dont la composition sera indiquée ci-après.

Il est utile de dire que les réservoirs de distribution peuvent avoir une capacité très restreinte et être disséminés sur tous les points de la gare où le service d'alimentation rapide des tenders

en exige la présence. Pour faciliter l'emplissage, il est bon que les cuves d'épuration aient leur bord supérieur à quelques mètres au-dessus du niveau de celui des cuves de distribution, dans lesquelles l'eau pénètre au moyen d'un robinet à flotteur réglé pour éviter le débordement.

10. — Filtres.

Quelques mots sur la disposition des filtres et la composition des matières filtrantes :

Nous avions essayé à Laon des mélanges de copeaux et de coke concassé ; sur d'autres points, de la laine tontisse et même simplement du gravier ; les résultats ont été défectueux : tantôt l'eau passait trouble, tantôt la filtration était trop lente, tantôt les nettoyages étaient difficiles et donnaient lieu à des accumulations de matières encombrantes et inutilisables. Deux produits nous rendent aujourd'hui de bons services : dans les cas de grandes quantités à filtrer rapidement, l'on emploie les éponges communes de Bahama, du prix de 2,50 *f* le kilog. environ, qui sont nettoyées périodiquement à l'eau claire, et lorsqu'elles commencent à durcir, revivifiées dans une solution d'acide chlorhydrique très étendue ; dans les cas de faibles quantités d'eau passant très lentement dans les filtres, des copeaux fibreux très fins employés vulgairement dans les emballages, à 0,25 *f* le kilog. environ, suffisent couramment à obtenir une bonne clarification.

La disposition de filtres à laquelle nous nous sommes arrêtés est représentée sur le dessin ci-joint *(voir planche N° 21)* : le courant d'eau circule de bas en haut en abandonnant les matières en suspension dans le fond du récipient et sous les fibres de la masse filtrante ; si l'on ouvre le robinet de vidange après avoir fermé la vanne d'entrée de l'eau, une chasse de quelques secondes produit un nettoyage partiel suffisant. Quant au nettoyage complet, avec renouvellement des matières, on le fait de deux à six fois par an, selon l'importance de la consommation et les conditions de l'opération ; il peut passer 5 000 à 10 000 m^3 d'eau à travers chaque filtre entre deux lavages.

11. — Résidus. — Leur utilisation.

L'épuration de l'eau donne naissance à des précipités qui finissent, dans nos installations importantes, par être une véritable

gêne, bien qu'ils ne soient ni odorants ni insalubres; ils contiennent sous forme de boue, à l'état de carbonate, toute la chaux qui se trouvait en dissolution dans l'eau, et, de plus, celle qui a été employée au traitement chimique.

Nous avions pensé que ces dépôts, d'une grande finesse puisqu'ils sont obtenus par voie de précipitation chimique, et souvent d'une blancheur remarquable, pourraient être utilisés comme *blanc d'Espagne* ou *de Meudon*. Nous n'avons pas réussi à en tirer ainsi bon parti. Mais, plus ils sont encombrants, plus ils justifient l'utilité de l'épuration de l'eau; car, sans cette opération, près de la moitié de cette matière resterait dans les chaudières de machines sous une forme plus ou moins dure ou adhérente, et il serait bien autrement difficile de s'en débarrasser.

Dans certaines localités, ces résidus sont employés pour chauler les terres.

Depuis quelque temps, nous leur avons trouvé une autre application : nous les employons à blanchir les obstacles bas des voies. Au chemin de fer du Nord, en effet, à l'imitation de ce que l'on fait depuis longtemps en Belgique, on recouvre d'un enduit blanc les appareils de voie et les obstacles bas pour les rendre perceptibles à la vue pendant la nuit. Le résultat s'obtenait en les badigeonnant à la chaux, mais la chaux ne résistait pas à l'action des pluies, il fallait renouveler fréquemment la couche blanche peu adhérente. Nous avons proposé d'employer nos boues mélangées avec du silicate de soude, dans la proportion à peu près de parties égales de matière sèche, et de silicate de soude liquide à 36°.

On obtient ainsi une matière adhésive, d'une blancheur suffisante, qui paraît donner, moyennant une dépense très faible, de bons résultats.

12. — Résumé. — Prix de revient.

Nous avons condensé en un tableau synoptique (tableau annexe) qu'on trouvera à la fin de cette note, toutes les indications nécessaires pour faire ressortir l'importance donnée au service d'épuration des eaux; il a été possible de traiter, en décembre dernier, près de 10 000 m^3 d'eau par jour, sur un total de 22 000 m^3 consommés sur tout le réseau.

Le prix de revient de l'épuration très variable est indiqué également sur le tableau pour 100 m^3. Les variations, en dehors du prix des réactifs, tiennent surtout aux considérations suivantes :

Lorsque les cuves d'épuration sont à proximité des pompes, le chauffeur est chargé de toute l'opération ; avant l'allumage, il prépare ses bâches à chaux, dose les réactifs et le système fonctionne ensuite automatiquement; un coup d'œil, deux ou trois fois dans la journée, suffit pour la surveillance; on conçoit que, dans ce cas, le prix de l'épuration coïncide exactement avec le coût des réactifs.

Lorsque les cuves sont à 100 *m* au moins des pompes, on doit nécessairement préposer un agent pour la manipulation des réactifs et au besoin pour l'agitation à bras du lait de chaux. Dans ce dernier cas, la dépense s'abaisse d'autant plus qu'on agit sur de plus grands volumes; alors la journée du préposé à la manipulation chimique devient une quantité insignifiante. Si l'on se trouve en présence de faibles quantités d'eau consommées, 40 ou 50 m^3 par jour, on renonce généralement à l'épuration préalable, car le mélange des eaux épurées et des eaux crues dans un même tender est assez satisfaisant pour la plupart des cas; cependant l'installation d'un système d'épuration est admissible lorsque l'eau est réellement de mauvaise qualité (35° hydrotimétriques et au-dessus) et qu'elle doit être consommée par des locomotives de gare ou des machines qui s'en alimentent exclusivement.

Les frais d'établissement exclusifs à l'épuration de l'eau peuvent être très faibles lorsqu'on se trouve en présence de réservoirs bien groupés, ce qu'il est facile de faire lorsqu'on prépare une installation neuve.

Ces dépenses s'élèvent à peine à quelques milliers de francs, somme suffisante pour construire une guérite et acquérir quelques filtres ainsi qu'une bâche en tôle, avec quelques raccords de tuyauterie, tandis que les appareils continus dont nous avons annoncé la disparition prochaine à Laon et à Arras ont coûté chacun plus de 35 000 *f*.

13. — Eau potable.

La question s'est posée, après l'établissement de nos premiers appareils, de savoir si l'eau traitée par la chaux ou par la soude pouvait être affectée aux besoins des ménages.

Il est certain que l'eau épurée est bien meilleure que l'eau non épurée pour divers usages domestiques, le savonnage, la toilette, la cuisson des aliments, et nous ajouterons même pour la boisson si l'opération est bien faite, sans excès de chaux. De fait, bien des

agents la préfèrent, et ils ont souvent raison, aux eaux dites potables de certaines localités, malgré l'écriteau *eau non potable*, placé sur les bornes-fontaines qui la débitent ; et une expérience de près de trente ans n'a jamais montré qu'elle eût le moindre inconvénient. Néanmoins, nous avons cru devoir en proscrire l'usage comme boisson ; nous ne nous permettons de traiter par nos réactifs que les eaux destinées aux machines, et nous nous sommes imposé, comme règle de prudence, de ne pas toucher aux eaux domestiques.

En conséquence, dans toutes les gares où nous avons des appareils d'épuration, nous établissons suivant les cas, soit des conduites d'eau non épurée alimentant des bornes-fontaines et des logements, soit des puits spéciaux avec pompe, ou bien nous prenons pour les besoins du personnel des abonnements aux eaux publiques. Cette question des eaux potables des gares est d'ailleurs en ce moment l'objet d'études spéciales ; nous sortirions de notre sujet en insistant sur ce point.

14. — Économies.

Nous pouvons maintenant fournir quelques indications sur les économies réalisées au chemin de fer du Nord par le service de la traction depuis que l'emploi de l'eau épurée s'est généralisée sur le réseau ; c'est à l'obligeance du regretté M. Ferdinand Mathias, ingénieur en chef du matériel et de la traction, et de M. Du Bousquet, aujourd'hui son successeur, que nous devons les documents qui suivent :

La statistique montre d'abord que les parcours des tubes à air chaud ont été croissant à mesure que les eaux d'alimentation devenaient plus pures.

Ainsi, en 1869, on remplaçait 46 faisceaux tubulaires, dits tubulures, après un parcours moyen de 138 000 *km*. En 1880, on en retirait 127 après un parcours de 174 000 *km*. En 1888, on en a retiré 108 après un parcours de 228 000 *km*. Ce n'est pas d'ailleurs, dans un grand nombre de cas, l'usure des tubes qui engage à les retirer ou à les raboutir, mais on considère comme nécessaire de visiter l'intérieur du corps cylindrique après un parcours de 200 à 260 000 *km*, soit environ huit années de service.

Au lieu de 108 tubulures remplacées pendant l'exercice 1888-1889, on aurait dû en remplacer 335 si le parcours entre deux

remplacements de tubulures était resté le même qu'avant l'emploi de l'épuration.

On a donc gagné le remplacement de 227 tubulures. Comme chaque tubulure se raboutit en moyenne trois fois avant sa mise au rebut, le quart environ, soit 57 tubulures, aurait dû être remplacé par des tubulures neuves en laiton.

Ce remplacement aurait occasionné une dépense de : 4 800 — 1 400 = 3 400 *f* par tubulure, soit en tout 57 × 3 400 = 193 800 *f*.

Les 170 autres tubulures auraient été remplacées par des tubulures réparées. On a donc gagné, en ne les remplaçant pas, le prix du démontage, du raboutissage et du remontage, soit 700 *f* par tubulure, ce qui donne en tout 170 × 700 = 119 000 *f*.

Au total, l'économie due au non-remplacement des 227 tubulures peut donc s'élever à 193 800 + 119 000 = 312 800 *f*.

Si nous considérons maintenant les 108 tubulures réellement remplacées, elles peuvent se diviser en deux catégories :

1° 6 tubulures en laiton remplacées par d'autres également en laiton, ce qui ne donne par suite aucun bénéfice ;

2° 102 tubulures en laiton remplacées par d'autres en fer et pour lesquelles le bénéfice peut s'évaluer de la manière suivante.

Sur ces 102 tubulures, le quart environ, soit 25 tubulures, aurait, sans l'emploi de l'eau épurée, été remplacé par des tubulures neuves en laiton, ce qui aurait occasionné une dépense de 25 × 4 800 = 120 000 *f*, dont il faut déduire la valeur de la vieille matière restant après usure, soit 25 × 1 400 = 35 000 *f*.

La dépense nette due à ces 25 remplacements de tubulures aurait donc été de 120 000 — 35 000 = 85 000 *f*.

La dépense réelle a été de 25 × 1 500 = 37 500 *f*, en tenant compte de la valeur (100 *f*) de vieille matière en fer des tubes remplaçants.

Le bénéfice réel dû à la substitution du fer au laiton pour ces 25 tubulures est donc de 85 000 — 37 500 = 47 500 *f*.

Quant aux 77 tubulures restantes, elles auraient exigé, pour être remplacées par d'autres tubulures en laiton, un raboutissage de 600 *f* ; en les remplaçant par des tubulures neuves en fer, on a donc économisé cette somme ; d'autre part, les tubulures remplacées ayant été vendues chacune environ 2 000 *f*, l'économie par tubulure a donc été de 2 600 *f*, dont il faut déduire 1 500 *f* pour le prix de la tubulure en fer.

Le bénéfice réel a donc été de 1 100 *f* par tubulure, soit pour les 77 tubulures 77 × 1 100 = 84 700 *f*.

L'économie totale procurée par la substitution du fer au laiton pour les 102 tubulures réellement remplacées est donc de 47 500 + 84 700 = 132 200 *f*.

A ces économies sur les tubulures vient aussi s'ajouter celle résultant du plus grand espacement des lavages qu'a permis l'emploi de l'eau épurée. Ces lavages, qui avaient lieu avant la généralisation de l'épuration tous les 600 *km*, ne sont plus exécutés aujourd'hui qu'après un parcours de 1 000 à 1 200 *km*.

L'économie totale procurée pendant l'exercice 1888-1889, dernière année pour laquelle nous ayons des données certaines, par l'épuration des eaux, peut se chiffrer ainsi que l'indique le tableau nº 1 ci-après :

TABLEAU Nº 1.

Économies dues à l'épuration (Exercice 1888-1889).

1º ÉCONOMIES DUES A L'ESPACEMENT DES LAVAGES :		
Prix moyen du lavage	3 *f*	
Nombre de kilomètres parcourus (exercice 1888-1889)	46 328 730 *km*	
Nombre de lavages (espacés de 600 *km*)	77 215	
— (— 1 000 »)	46 328	
Différence en faveur des lavages espacés de 1 000 *km*	30 887	
Économie due à cette différence		92 600 *f*
2º ÉCONOMIE DUE A LA PLUS GRANDE DURÉE ET AU MOINDRE PRIX DES TUBULURES :		
Parcours d'une tubulure (avant l'emploi de l'épuration)	138 000 *km*	
— — (avec — —)	228 000	
Nombre de tubulures qu'on aurait dû remplacer en 1888-1889	335	
Nombre de tubulures qu'on a remplacé effectivement en 1888-1889 { Acier . . 102 / Laiton . 6 }	108	
Valeur d'une tubulure en laiton (vieille matière déduite)	3 400 *f*	
Valeur d'une tubulure en fer (vieille matière déduite)	1 500	
Économie due au non-remplacement de 227 tubulures	312 800	
Économie due à la substitution du fer au laiton sur 102 tubulures	132 200 *f*	445 000 *f*
TOTAL		537 600 *f*

Le tableau nº 2 ci-dessous indique les chiffres qu'on peut adopter comme bases de la consommation d'eau par machine et par kilomètre.

TABLEAU Nº 2.

Consommation moyenne de combustible par kilomètre en 1888	11,55 *kg*
Nombre de kilogrammes d'eau correspondant à 1 *kg* de combustible, y compris les pertes diverses, arrosages, etc.	8,00
Consommation d'eau par kilomètre	92,40

A ces éléments d'économie, et en notant pour mémoire, en passant, la sécurité que procure l'emploi d'un générateur à parois toujours nettes, et cela automatiquement, on devrait en ajouter un dernier, peut-être le plus important : l'économie de charbon.

Ce côté de la question, assez complexe à examiner à cause des bases douteuses de comparaison, unités de traction, tonnages kilométriques des trains, prix et nature des combustibles, pourra être élucidé dans chaque cas particulier au moyen des éléments indiqués dans les tableaux qui précèdent, car nous désirons ne présenter, autant que possible, que des chiffres incontestables.

Avant de terminer cette note, nous présenterons quelques derniers documents statistiques indiquant les consommations comparées d'eau épurée et d'eau crue et permettant d'apprécier approximativement le rapport des dépenses faites avec les résultats obtenus.

La quantité totale d'eau élevée et épurée au chemin de fer du Nord, en 1888, s'est élevée à . . . . 7 463 000 m^3

La dépense totale a été de . . . . 473 834 *f*

Ce qui donne un prix de revient moyen de 0,063 *f* le mètre cube.

La quantité d'eau épurée s'est élevée à environ . 2 900 000 m^3
et la dépense spéciale à ce dernier chef à. . . . . 25 541 *f*

La traction accusant, à raison de 92,4 *l* d'eau par kilomètre de train, soit pour l'année. . . . . . . 4 147 000 m^3

Il n'y aurait donc qu'une différence de . . . . . 1 247 000 m^3
d'eau crue absorbée par les machines en dehors des 17 gares où fonctionnaient à cette date des appareils d'épuration, soit une proportion de 5 d'eau épurée contre 2 d'eau crue.

Nous avons vu, d'autre part, se dégager au service de la traction une économie nette, par an, de. 537 000 *f*

Or, nous pouvons opposer à ce dernier chiffre la dépense totale annuelle de nos usines d'épuration, qui est de . . . . 25 541 *f*

En admettant, d'autre part, pour frais de premier établissement inhérents à l'épuration (à l'exclusion, bien entendu, des réservoirs dont nous avons démontré l'utilité indépendante et absolue), en admettant, disons-nous, une somme de 30 000 *f*, chiffre très exagéré, pour la valeur des appareils spéciaux de chaque installation, nous trouvons, pour les

17 usines en marche en 1888, un capital de 510 000 *f*, correspondant à 6 0/0 à une annuité, intérêts et amortissement, de. . . . . 30 600 *f*

La dépense totale ressortirait à 25 541 + 30 600 = 56 141 *f*

Et l'économie nette annuelle réellement à 537 000 — 56 141 = 480 859 *f*

Somme encore supérieure à celle du budget total du service de l'eau, qui, nous venons de le voir, n'a pas dépassé 473 834 *f* en 1888.

De sorte qu'en dernière analyse on peut admettre qu'au chemin de fer du Nord, grâce à l'organisation, spéciale à cette Compagnie, des services d'alimentation d'eau et de travaux chimiques, qui fonctionnent sous la haute direction de notre savant Président, M. Contamin, les frais d'élévation et d'épuration de l'eau sont à peu près compensés par les économies que réalise le service de la traction sur l'entretien des chaudières, par suite de l'emploi sur une large échelle de l'eau épurée pour l'alimentation des locomo tives.

ANNEXE

Tableau d'ensemble des Gares munies d'appareils d'épuration de l'eau *(Décembre 1889)*.

NOMENCLATURE des INSTALLATIONS par ORDRE D'ANCIENNETÉ	DATE de LA MISE en SERVICE	QUANTITÉ D'EAU épurée par jour décemb. 889	NATURE ET QUANTITÉ de RÉACTIF EMPLOYÉ par 100 m^3	TITRE hydrotimétrique AVANT	TITRE hydrotimétrique APRÈS	INDICATIONS SOMMAIRES DES APPAREILS EMPLOYÉS	DÉPENSE JOURNALIÈRE pour l'épuration de 100 m^3
Frameries	1868	200 m^3	27 *kg* de chaux.	39°	9°	3 réservoirs d'épuration dans lesquels on fait arriver à tour de rôle l'eau du puits avec un filet d'eau de chaux, et, après réaction et repos, on vide à travers des filtres dans un bassin de 700 m^3 alimentant la gare et le dépôt.	3,80 *f*
Laon.	1876	410	60 » de chaux. 8 » de sel de soude.	42	8	Appareils Bérenger et Stingl modifiés ; on refoule l'eau dans les réservoirs de la gare en lui faisant traverser d'abord un mélangeur où elle se mêle à 30 0/0 de son volume d'eau de chaux sodée et ensuite un décantateur à cloisons, puis un système de filtres à éponges (1).	3,50 dont 1,45 *f* de soude
Creil.	1876	850	18 » de chaux.	23	8	2 bassins élevés contenant 1 800 m^3 chacun, dans lesquels on opère alternativement et d'où l'eau épurée s'écoule dans les réservoirs de la gare après filtration.	0,60 *f*
Saint-Just	1876	80	32 » —	27	6	2 bassins de 250 m^3. Même principe et même disposition qu'à Creil.	0,60
Saint-Pol.	1877	150	27 » —	27	5	2 réservoirs de 850 m^3. On procède comme dans l'appareil précédent.	1,20
Montreuil.	1877	50	27 » —	26	5	2 réservoirs de 350 m^3. On procède comme dans l'appareil précédent.	2,20
Amiens	1879	2 000	20 » —	24	8	3 réservoirs de 1 700 m^3 environ chacun. Ils sont mis en service à tour de rôle, de sorte que tous les jours il y en a un sur lequel on opère, un plein et en repos, et le troisième en distribution (2).	0,50
Somain.	1879	300	20 » — 6 » de sel de soude.	32	8	On épure dans 3 réservoirs en tôle de 130 m^3 chacun, servant à la distribution. Ils sont, à tour de rôle, remplis et mis en service.	2,00 dont 1,10 *f* de soude
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible] de chaux [illegible] de sel de soude	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

ANNEXE

Cambrai-Nord. . . .	1882	[illegible]50	28,5 *kg* de chaux	49	6	on épure dans 4 réservoirs de 200 m^3, en tôle.	0,40 *f*
Ornoy.	1882	250	23 » —	30	9	— 2 — 200 m^3 —	0,40
Crépy-en-Valois. . .	1883	180	28,5 » —	42	15	— 2 — 200 m^3 —	1,10
Montsoult	1883	40	52 » —	41	10	— 2 — 75 et 150 m^3	1,35
Lens.	1883	1 000	29 » —	30	7	— 4 — 300 m^3 — (5)	0,70
Douai (gare intér^{re}).	1883	430	26 » —	29	9	— 4 — 200 m^3 — (6)	0,90
Hazebrouck.	1884	450	29 » — 6 » de sel de soude.	30	9	— 4 — 300 m^3 — (7)	2,40 dont 1,40 *f* de soude
Achiet.	1889	90	26 » de chaux.	38	8	— 3 bassins de 300 m^3 chacun, en maçonnerie .	2,10 *f*
Busigny	1889	420	18 » —	23	5	— 3 — 2 000 m^3 — — .	1,70
Calais	1889	400	24 » —	28	7	— 4 réservoirs de 200 m^3, en tôle.	2,70
Total.		9 350 m^3					

OBSERVATIONS : (1) Ces appareils, quoique modifiés, sont insuffisants et doivent disparaître en 1891.

(2) L'installation est en voie d'agrandissement; les bassins seront portés à 7 000 m^3, capacité totale.

(3) Ces appareils, insuffisants, vont disparaître en 1891.

(4) Ces appareils remplacent ceux de 1861, et devenus eux-mêmes insuffisants, seront prochainement complétés par l'addition de 2 réservoirs d'épuration de 300 m^3 chacun.

(5) Ces appareils sont en voie d'agrandissement.

(6) Ces appareils remplacent ceux de 1862.

(7) — — 1867 et 1872.

L'EXPOSITION FRANÇAISE A MOSCOU EN 1891

PAR

M. Auguste MOREAU

I

INTRODUCTION

Vous avez déjà tous, Messieurs, entendu parler de l'Exposition qui s'organise en ce moment en France et qui doit se tenir l'an prochain à Moscou.

Diverses publications l'ont annoncée, les journaux en ont parlé d'une façon vague en quelques lignes, et jusqu'à présent la masse du public ignore dans quelles conditions se présente cette intéressante entreprise. Nous avons pensé que la question intéresserait tout particulièrement un public d'ingénieurs et d'industriels et c'est pourquoi nous avons l'honneur de vous présenter ce soir cette communication.

Nous serons très bref pour cette fois et nous nous bornerons à des indications générales : le temps fort limité qui nous est accordé ne nous permet pas de nous étendre ; d'ailleurs différentes choses se présentent encore aujourd'hui à l'état embryonnaire et sous peu deviendront définitives. Alors, et lorsque nous aurons en mains tous les éléments de détails de la question, nous prendrons la liberté de revenir devant vous afin de vous tenir au courant de ce qui aura été fait.

Nous n'en devons pas moins être très reconnaissant à M. le Président Contamin qui, avec une bienveillance exceptionnelle et malgré des séances surabondamment remplies jusqu'à la fin de l'année, a bien voulu ce soir nous réserver une petite place entre deux communications beaucoup plus importantes. Nous l'en remercions sincèrement non seulement en notre nom personnel, mais aussi au nom des organisateurs de l'Exposition de Moscou, dont nous sommes convaincu d'être en ce moment l'interprète.

II

HISTORIQUE

L'Exposition de Moscou n'est pas universelle et internationale comme celle de 1889, elle est exclusivement française; elle a été autorisée par un ukase impérial en date du 20 avril/2 mai 1890, et l'on peut considérer cette autorisation comme un véritable succès diplomatique pour notre pays.

En même temps que S. M. Alexandre III autorisait l'installation d'une Exposition française à Moscou, il concédait gracieusement à M. Watbled, représentant alors un groupe d'industriels, la jouissance du Palais qui avait déjà servi en 1882 à l'Exposition russe.

L'idée de l'Exposition à peine émise, avait déjà fait son chemin et rencontré partout les plus grandes sympathies. L'ukase du Czar l'avait consacrée. Mais pareille entreprise ne devait réussir qu'autant qu'elle aurait à sa tête des hommes d'une compétence et d'une notoriété reconnues et qu'elle se serait assuré le concours de notre haute industrie.

Le 8 août dernier, une commission composée de MM. Teisserenc de Bort, Dietz-Monnin, Poirrier, sénateurs; Flourens, Prevet, députés; Aimé Girard et David Dautresme, provoquait à l'Hôtel Continental une réunion des principaux représentants du commerce et de l'industrie française afin d'examiner les conditions dans lesquelles pourrait être organisée cette grande manifestation nationale.

Cette réunion eut un double résultat : d'une part, la Commission fut invitée à poursuivre l'organisation de l'Exposition ; d'autre part, les 150 membres présents déclaraient à l'unanimité qu'ils étaient disposés à envoyer leurs produits à Moscou et à se constituer plus tard en comités pour réunir, dans chaque classe, les exposants de leur industrie.

C'était déjà un grand pas de fait dans la voie de la réalisation ; car il importait, avant tout, que l'Exposition de Moscou dont l'importance, aussi bien au point de vue politique qu'au point de vue économique, n'échappait à personne, fût digne de la France, qu'elle comportât en un mot une représentation de notre industrie en harmonie avec le renom de supériorité dont elle jouit à l'étranger.

Il restait à la Commission le soin de poursuivre l'organisation de l'Exposition, conformément au mandat qui lui avait été unanimement décerné par l'assemblée des industriels.

Par les documents officiels que nous avons déposés à la bibliothèque, on a pu voir que cette Commission s'est acquittée de sa tâche avec un rare succès.

L'Exposition de Moscou n'étant pas œuvre officielle, il ne fallait pas songer à ce que le Parlement votât des crédits en sa faveur. Le gouvernement russe n'avait pas, en effet, convié la France à participer à une Exposition organisée sous ses auspices ou sous sa responsabilité ; c'est, au contraire, la France qui demandait, par l'intermédiaire d'un de ses nationaux, à faire connaître au peuple russe, sous la forme d'une Exposition, ses produits, en même temps qu'elle comptait bien, par la même occasion, répondre au courant de sympathies qui unit les deux peuples et les manifester hautement et en toute sincérité.

En pareille situation, la Commission se trouvait avoir à résoudre deux problèmes, d'ailleurs connexes, et de la solution desquels dépendait la réalisation de l'Exposition. Il s'agissait de s'assurer d'abord un concours financier en rapport avec son importance ; ensuite, de prendre toutes mesures pour que le palais, gracieusement concédé, fût restauré à temps et permît de recevoir les produits français.

Si le tableau promettait d'être beau, il y allait de l'honneur français que le cadre ne fût pas inférieur.

Au point de vue financier, la Commission accepta le concours de MM. Jouanno et Cie, banquiers, qui, déjà, avant son intervention, s'étaient engagés à fournir les fonds nécessaires à l'entreprise.

Mais ce qui, dans cette question, caractérise l'œuvre de la Commission, c'est d'avoir substitué à tout intérêt particulier l'intérêt général, de telle façon que l'Exposition française à Moscou, quoique d'initiative privée, devienne par sa constitution une entreprise nationale et patriotique.

Pour terminer ce chapitre, nous publierons le texte de l'ukase du 25 avril/2 mai 1890 de S. M. l'Empereur Alexandre III :

SAINT-PÉTERSBOURG
—
Ministère des Finances
—
DÉPARTEMENT
DU COMMERCE
et des Manufactures.
—
25 avril 1890
N° 4140

UKASE IMPÉRIAL
DE S. M. ALEXANDRE III

A Monsieur le Ministre
des Affaires étrangères.

Sur la présentation de mon Rapport, Sa Majesté l'Empereur a daigné, le 20 avril/2 mai 1890, donner son autorisation souveraine

à M. Watbled, représentant un groupe de producteurs français, à l'effet d'organiser, à Moscou, en 1891, une Exposition de produits manufacturés français. En outre, Sa Majesté a gracieusement ordonné :

1° De mettre à la disposition du Comité d'organisation, pour la construction de l'Exposition, jusqu'au 1er décembre 1891, les bâtiments de l'ancienne Exposition industrielle artistique de 1882, à Moscou, qui sont restés propriété de la Couronne, à condition que les aménagements de ces bâtiments en vue du but indiqué soient faits aux frais des entrepreneurs de l'Exposition, et, qu'après la clôture de celle-ci, ces bâtiments soient rendus à la Couronne ;

2° D'accorder, sur la base des précédents, l'importation en franchise des objets destinés à cette Exposition, à condition que tous ceux qui ne seront pas réexpédiés dans le délai fixé à cet effet, par une disposition spéciale du ministre des finances, acquitteront les droits prévus au tarif des doua nes ;

3° D'autoriser le ministre des finances à établir un règlement spécial concernant l'installation d'une surveillance douanière ainsi que la vente des produits étrangers dans l'enceinte de l'Exposition ;

4° D'imposer à M. Watbled l'obligation de se munir des patentes commerciales réglementaires de première guilde, mais en l'exemptant du payement de l'impôt sur le revenu des entreprises commerciales ;

5° De soumettre le Comité d'organisation de l'Exposition, au point de vue administratif et de police, aux obligations que le gouverneur général de Moscou jugera à propos de formuler.

J'ai l'honneur d'informer Votre Excellence de cette décision impériale, qui est également communiquée au ministre de l'intérieur et au gouverneur général de Moscou, pour faire suite à la correspondance échangée dans le courant de cette année au sujet de cette affaire.

En même temps, je prie Votre Excellence de vouloir bien, en raison de la note qui lui a été adressée, le 26 février/12 mars, par le chargé d'affaires de France, et relative à l'Exposition en question, transmettre à l'ambassadeur de France, avec la décision impériale, les conditions de l'autorisation accordée à l'organisation de cette Exposition.

Le Ministre des Finances.

Signé : WISCHNEGRADSKY.

III

ORGANISATION GÉNÉRALE

Comme nous l'avons dit précédemment, l'entreprise est dirigée et administrée par une Commission supérieure de contrôle et de finances, composée de la manière suivante :

MM. Teisserenc de Bort, sénateur, *Président*, ancien ministre de l'agriculture et du commerce en 1878.

Diez-Monnin, sénateur, *Vice-Président*, ancien directeur général des sections françaises à l'Exposition de 1878.

David Dautresme, ancien chef du commissariat général de l'Exposition de 1889, *Secrétaire général.*

Poirrier, sénateur, ancien président de la Chambre de commerce de Paris.

Flourens, député, ancien Ministre des affaires étrangères.

Ch. Prevet, député, ancien commissaire général de la France à l'Exposition de Barcelone.

Alphand, Directeur des travaux de la ville Paris.

Cousté, Président de la Chambre de commerce de Paris.

Guillotin, Président du Tribunal de commerce de la Seine.

Aimé Girard, Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers.

Jouanno, banquier.

Watbled, consul de France honoraire.

Ces noms en disent assez par eux-mêmes et offrent la plus complète garantie au point de vue de la haute compétence et de l'honorabilité.

Tous ceux qui ont participé à l'Exposition de 1878 ont présents à la mémoire les noms de MM. Teisserenc de Bort et Dietz-Monnin. Et de même tous ceux qui se sont occupés de l'Exposition de 1889 se rappellent la bienveillance et l'habileté avec lesquelles M. David Dautresme remplissait les fonctions délicates de chef du commissariat général.

Cette Commission est seule chargée de l'organisation des services administratifs et de l'ordonnancement de toutes les dépenses, dont les fonds sont fournis par MM. Jouanno et C[ie], banquiers, rue Richelieu, à Paris.

En outre de cette Commission supérieure, des Comités ont été constitués pour l'admission des exposants dans chaque classe, suivant les usages de 1878 et de 1889. Les personnes ayant fait partie des Comités et du Jury de 1889, ou les lauréats des plus

hautes récompenses, ont seuls été appelés à faire partie de ces Comités. Dans quelques jours, lorsque les listes d'exposants seront arrêtées, ces assemblées se transformeront en Comités d'installation.

Inutile de dire que ces Comités sont composés en très grande partie de nos collègues.

Les dépenses de parquetage, de décoration générale et de gardiennage seront à la charge de l'Administration. Les exposants n'auront donc à payer que la location des espaces occupés par eux et dont les prix sont les suivants :

50 *f* par mètre linéaire ou mètre carré de surface adossée.

75 *f* par mètre carré de surface isolée.

Toute portion de mètre est due en entier.

La vente des objets sera permise, mais alors ces prix seront doublés.

Si les recettes de toute nature deviennent supérieures à 2 millions de francs, ce qui est fort probable, un partage des bénéfices aura lieu entre les banquiers et les exposants, qui verront ainsi la possibilité d'amortir une partie de leurs dépenses.

Mais il n'est pas sans intérêt de remarquer que si l'affaire se soldait au contraire par une perte, les banquiers seraient seuls à la supporter, sans avoir aucun recours contre les exposants. La location des espaces constitue donc pour ces derniers une dépense maximum, en dehors de quelques frais généraux de classe de peu d'importance et de leurs frais personnels d'installation et de transport.

L'ouverture aura lieu le 1/13 mai 1891, la fermeture le 15/27 octobre.

L'importation en franchise est accordée pour tous les objets destinés à l'Exposition de Moscou. Les objets non réexpédiés, ou ceux qui seraient vendus, auront à payer la taxe douanière.

Le prix moyen du transport par la *voie mixte*, comprenant la voie ferrée jusqu'à Dunkerque, le trajet par mer de Dunkerque à Libau et la voie ferrée de là à Moscou, reviendra à environ 100 *f* la tonne. Certaines entreprises se chargent d'opérer le transport exclusivement par voie ferrée, aux prix de 200 *f* la tonne. Ce moyen de transport, plus coûteux que la voie mixte, est aussi plus rapide et plus sûr, car les glaces encombrent la Baltique une bonne partie de l'année.

Les Maisons françaises qui exposeront à Moscou ne devant pas se trouver en présence de leurs concurrents étrangers, il ne sau-

rait, surtout au lendemain de l'Exposition de 1889, être établi entre elles de concours.

Il ne sera donc pas institué de Jury de récompenses, mais une médaille commémorative sera attribuée à chaque participant comme souvenir du choix fait par le Comité d'admission.

Il importe que l'Exposition de Moscou fasse honneur à notre pays ; aussi est-il recommandé aux intéressés d'exposer de préférence leurs objets les plus remarquables et les plus intéressants.

Enfin, il est indispensable d'informer MM. les Exposants qu'ils auront intérêt à faire déposer au ministère des finances de Saint-Pétersbourg leurs marques de fabrique, afin d'être armés pour en poursuivre la contrefaçon.

Tous les détails qui ne peuvent entrer dans le cadre d'une si courte communication, seront donnés par le Règlement général dont nous avons déposé un exemplaire à la Bibliothèque avec les autres pièces officielles émanant de la Commission supérieure.

Bornons-nous à dire que le classement général des produits se divise en neuf groupes, sur le modèle de ce qui s'est fait l'année dernière. Savoir :

1er groupe. Œuvres d'art.
2e — Éducation et Enseignement. Matériel et procédés des Arts libéraux.
3e — Mobilier et accessoires.
4e — Tissus, vêtements et accessoires.
5e — Industries extractives. Produits bruts et ouvrés.
6e — Outillage et procédés des industries mécaniques. Électricité.
7e — Produits alimentaires.
8e — Agriculture. Viticulture.
9e — Horticulture.

Ces neuf groupes ne sont subdivisés que le moins possible et ne représentent en tout que 37 classes au lieu des 83 de 1889. Cela tient à ce qu'on a fort à propos rapproché les matières premières des instruments et machines destinés à les mettre en œuvre. Il est certain que cette manière de procéder est beaucoup plus rationnelle que l'autre, surtout pour une Exposition dont l'envergure est forcément plus restreinte que celle de Paris.

IV

INSTALLATION DE L'EXPOSITION

Moscou, capitale du gouvernement du même nom et la seconde

ville de la Russie, a vu sa population plus que doubler depuis trente ans : elle possède aujourd'hui près d'un million d'habitants. Elle est traversée par une rivière, la Moskowa, ayant à peu près la largeur de la Seine, de même que la configuration générale de la ville ressemble assez au plan de Paris; une différence fondamentale cependant, c'est que Moscou est très plat dans toutes ses parties; la Moskowa est environ à la cote 100 *m* au-dessus du niveau de la mer.

La ville se subdivise en trois zones distinctes : une zone intérieure, véritable citadelle entourée d'une enceinte fortifiée et qu'on appelle le Kremlin. Une autre enceinte vient enclore une seconde zone appelée la ville chinoise. On sait, en effet, qu'au XIIIe siècle, la Russie fut conquise par les Mongols et resta sous leur domination jusque vers la fin du XVe siècle. Enfin, vient la ville proprement dite, qui s'étend sur un cercle de 70 *km* de tour. Cette étendue considérable provient de ce que les habitations ne possèdent toutes qu'un étage, appelé le *bel étage*, au-dessus d'un rez-de-chaussée qui porte là-bas le nom de premier étage. On voit qu'on est loin des grandes casernes des autres villes d'Europe, surtout de Paris et même de Pétersbourg, qui a beaucoup moins le caractère russe que Moscou.

Moscou est la ville sainte par excellence, on y rencontre un nombre considérable d'églises aux allures originales avec leurs toitures en tôle, peintes d'ailleurs, comme celles des maisons ordinaires, des couleurs les plus variées, ou couvertes de dômes et même de clochetons à boules, dans le genre de l'église de la rue Daru. Mais, dans le Kremlin, les églises sont véritablement les unes sur les autres, vouées à tous les saints; certaines portes de la ville, elles-mêmes, sont déclarées lieux saints, et tout passant est tenu de se découvrir en passant devant elles.

Le Kremlin présente en particulier quatre cathédrales ayant des destinations bien déterminées. L'une sert au baptême des czars, l'autre à leur mariage, la troisième à leur couronnement et la dernière leur a servi de sépulture jusqu'à Pierre le Grand.

Anciennement, on construisait uniquement en bois : c'est de là que provient la grande habileté des charpentiers du pays, qui produisent les travaux les plus remarquables en ne faisant guère usage que de la hache.

Au nord-ouest de la ville, sur la route de Pétersbourg, à côté du champ de course et d'un château impérial, se trouve le plateau de Pétrowski (cote 32 *m* au-dessus du niveau de la Moskowa ou

132 au-dessus du niveau de la mer). C'est là que sera l'Exposition française.

Celle-ci se tiendra dans le palais de l'Exposition russe de 1882. qui sera à la disposition des industriels français jusqu'au 1er décembre 1891 ; la seule condition, avons-nous dit, est que l'aménagement de ces bâtiments, dont il ne restait guère que le squelette en fer, soit fait aux frais des entrepreneurs de l'Exposition.

Ce palais, de forme octogonale, est composé de huit grands pavillons reliés entre eux par des galeries suivant les circonférences intérieure et extérieure du périmètre. Le tout présente un espace clos et couvert de 35 000 m^2, entourant un jardin intérieur dont le centre sera occupé par des fontaines lumineuses sur le modèle de celles qui fonctionnaient à Paris, à l'Exposition universelle de 1889. *(V. la planche 22.)*

Des contrats conclus avec des entrepreneurs offrant toutes garanties, MM. Pombla, de Paris, ont assuré la remise en état du palais de Moscou pour la fin de février prochain. La décoration générale et l'installation des exposants se feront pendant les mois de mars et d'avril, de telle façon que l'Exposition puisse ouvrir le 1er mai 1891. Tous ces travaux sont dirigés par un de nos collègues les plus distingués et les plus sympathiques, M. Berthot, Ingénieur en chef des installations de l'Exposition de Moscou.

M. Berthot était déjà, en 1878 et 1889, Ingénieur chargé de l'installation de trois classes importantes : les nos 50, 51 et 56 dans le Palais des Machines (appareils des produits alimentaires, des produits pharmaceutiques et machines à coudre).

Les travaux pour la restauration du palais, commencés depuis trois mois, sont en ce moment en pleine activité et menés avec la plus grande énergie. Plus de trois cents ouvriers, tous Russes, sont employés à ce travail, et ce nombre augmente chaque jour, de façon qu'avant la fin de l'année tout soit suffisamment prêt pour recevoir les produits envoyés par les exposants qui seraient disposés à commencer leur installation.

On a commencé par refaire tous les planchers en bois, qui doivent s'installer, comme partout à Moscou, sur de véritable pilotis, et un grillage de fondation. Cela tient à ce qu'il faut suspendre ce parquet à une certaine distance du sol, dans la crainte du dégel. Ce système de construction est obligatoire en Russie à cause des froids rigoureux qui règnent pendant la plus grande partie de l'année.

Puis on a refait la couverture en tôle de fer, suivant le genre

russe que nous signalions précédemment. Ce travail est aujourd'hui terminé et la première couche de peinture est donnée. Elle sera bleu clair, tandis que celle de l'ancien palais était brune. Enfin, presque toutes les vitres avaient été brisées et devront être remplacées.

L'entrepreneur général français, M. Pombla, fait exécuter tous ces travaux par un certain nombre d'entrepreneurs et tâcherons russes; le total des dépenses s'élèvera à 200 000 roubles (610 000 *f*), en ce moment, le rouble avec le change valant 3,10 *f*.

A côté de M. Berthot, l'Ingénieur, et de M. Pombla, l'entrepreneur, toute la partie décorative est confiée à M. Didiot, architecte.

Le Palais se trouve lui-même au centre d'un grand parc, le bois de Boulogne de Moscou, qu'on appelle le champ Khodinsky, situé, comme nous l'avons dit, au nord-ouest de la ville.

Une partie de ce parc représentant un rectangle de 365 *m* sur 330, soit environ 100 000 m^2 de superficie, sera encore affectée à l'Exposition et renfermera diverses attractions.

A gauche en entrant, le pavillon impérial et un panorama de Poilpot, l'artiste qui avait peint en 1889 le remarquable panorama de la Compagnie Transatlantique. A droite, un restaurant et le pavillon de l'administration.

De l'autre côté du Palais, au fond du parc, des montagnes russes — naturellement; — à gauche encore un panorama de Poilpot représentant les scènes principales du couronnement du Tsar Alexandre III; enfin, à droite, un ballon captif.

Chacun des 8 pavillons dirigés suivant les rayons du cercle général mesure 60,50 *m* de long sur 51,50 *m* de largeur, soit une surface de 3115 m^2 75; le premier qui sert d'entrée et jouera le rôle du grand vestibule qu'on rencontre obligatoirement dans toutes les Expositions, est muni d'un avant-corps avec porte monumentale.

Les 4 premiers pavillons (2 de chaque côté de l'entrée) seront consacrés aux industries diverses et les galeries qui les rejoignent exclusivement aux Beaux-Arts; ces galeries ont toutes 15 *m* de large. Les 8 pavillons représentent environ 29 000 *m*; les 10 000 restant appartiennent aux galeries.

Au fond en face, juste vis-à-vis du grand vestibule d'entrée, le pavillon servant de palais des machines et de sanctuaire du groupe VI; à gauche un pavillon sera consacré à des cafés et restaurants et à droite à des théâtres et concerts.

Enfin le jardin central de 180 *m* de diamètre sera installé d'après les plans de M. Alphand, ce qui est une garantie de succès.

Partout régnera l'éclairage électrique. L'alimentation d'eau sera faite par des moyens trouvés sur place et non en allant chercher l'eau à la Moskowa comme en 1882; M. Berthot, l'auteur de cet ingénieux projet, a bien voulu nous promettre la primeur de ses renseignements à ce sujet, et nous en entretiendrons la Société dans une prochaine séance.

Ce que nous pouvons dire pour aujourd'hui, c'est que les projets d'éclairage et de canalisation pour les eaux sont terminés. On creuse un puits qui devra donner 250 m^3 en 24 heures, ce qui, joint à un autre puits existant, d'un débit de 100 m^3 et d'une prise d'eau de 150 m^3 sur la conduite de la ville, portera à 500 m^3 par jour la quantité d'eau à distribuer et à répartir sur la surface de l'Exposition. Cette quantité est considérable pour Moscou qui, sous le rapport des eaux, est une des villes les plus mal partagées de l'Europe. Aussi tous les efforts de la municipalité et de son très intelligent et très aimable maire, M. Alexieff, tendent-ils constamment à améliorer cet état de choses. Dans peu de temps, la quantité d'eau distribuée dans la ville, soit 1 000 000 vedros ou 12 300 000 litres (1 vedro = 12,3 *l*), sera portée à 1 500 000 vedros; les travaux d'art sont d'ailleurs établis pour faire face au double, 3 000 000 vedros.

Durant l'Exposition, toute l'eau sera élevée dans un réservoir à 8 *m* de hauteur et sera distribuée de là suivant les besoins dans toutes les parties, bassins, fontaines lumineuses, etc.; celles-ci d'ailleurs emploieront à peu près toujours la même eau, car elles en consomment beaucoup. La canalisation sera essayée à 9 atmosphères et en communication avec des pompes marchant à 4 1/2 *k* ce qui en quelques instants permettra de transformer la canalisation d'arrosage en secours contre l'incendie; 32 bouches d'incendie sont prévues dans ce but.

Nous ne donnerons pas de détails sur la force motrice, la fourniture de vapeur, etc. On conçoit que tout cela nous conduirait trop loin ce soir et mérite une communication spéciale. Disons seulement que la vapeur, la force motrice et l'éclairage seront entre les mains de l'aimable trio très connu, MM. Weyer et Richemond, Delaunay-Belleville et Edison.

Terminons ce chapitre exclusivement technique en donnant quelques renseignements sur les prix des matériaux et de la main-d'œuvre à Moscou, ces données pourront être utiles aux personnes qui voudront exposer.

Le bois le plus, ou pour mieux dire, le seul employé, est le

sapin ou le pin. Pour le bois de sapin ou de pin saigné à blanc, les prix sont les suivants en remarquant que le rouble vaut environ 3,10 *f* et qu'il y a 100 kopeks dans un rouble.

Pieux de 10 archines (7,10 *m*) de 0,25 *m*, la pièce 1,50 *roub.* à 1,80 *roub.*

Planches de 6,40 *m*;	larg., 0,18 *m*;	épaiss., 0,025 *m*...	45 à 50 *kop.*
—	— 0,25	— 0,025	55 à 65 —
—	— 0,25	— 0,044	60 à 75 —

Ces prix sont compris au chantier ou livrés à pied d'œuvre si la commande est importante. On trouve toujours du bois de pin qui est réputé le meilleur.

Pour les bois non saignés, les prix précédents doivent être majorés de 20 à 25 0/0.

Mais il est imprudent de vouloir se procurer un bois dur quelconque ; ils sont hors de prix et il est bon d'en être prévenu. Ainsi une Compagnie d'éclairage électrique a dû payer 7 *roub.*, soit 21,70 *f*, un morceau de chêne de 0,200 *m*/0,100/0,070 *m* !

La brique rouge ordinaire de très bonne qualité, dimensions 266/133/67, coûte de 19,50 *roub.* à 22 *roub.* le mille, livrée sur place.

La brique réfractaire russe a les mêmes dimensions et coûte 27 à 30 *roub.* le mille.

La brique anglaise 60 *roub.*

Le moellon vaut, la sagène cubique ou $(2,13\ m)^3 = 9,70\ m^3$, le prix de 33 *roub.*

Le ciment de Portland, le pound (16,30 *k*), 80 *kop.* à 1 *roub.*

Le plâtre vient de l'étranger et vaut 1 *roub.* 50 *kop.* le pound. On se sert ordinairement de sable et de chaux grasse.

Les déblais, fouille, et charge, 2,50 *roub.* la sagène cubique.

La journée de charpentier, ouvrier généralement excellent, se paie 1 *roub.* à 1,50 *roub.*

Celle du menuisier, 2 *roub.* à 2 *roub.* 50.

Le briquetier prend 6 *roub.* pour maçonner 1 000 briques au mortier ordinaire et 8 *roub.* au mortier de ciment ; le fumiste, dans les mêmes conditions, prend 10 *roub.*

Nous tenons tous ces renseignements à l'obligeance de M. Besson, Ingénieur technologiste de Moscou, qui les a fort complaisamment donnés à M. Berthot.

V

CONCLUSION

En résumé, nous nous trouvons ici en face d'une entreprise intéressante à tous les points de vue.

L'Exposition de Moscou comprendra toutes les manifestations de l'Art français et tous les produits de l'Industrie nationale. Elle permettra surtout aux consommateurs russes de constater la différence essentielle qui existe entre nos produits authentiques et leurs similaires de fabrication étrangère, trop souvent revêtus d'une marque française. Aussi, le gouvernement français, avisé par le gouvernement russe de la concession faite aux industriels français, a-t-il accordé à cette œuvre toute sa sympathie. De son côté, M. le ministre du commerce a bien voulu, depuis l'origine, encourager ces efforts et affirmer que « son administration verrait » avec plaisir réussir une entreprise de nature à ouvrir de nou- » veaux débouchés à notre industrie, et à favoriser le développe- » ment des relations commerciales entre la France et la Russie. »

Moscou est le cœur de la Russie, la vraie capitale de l'empire. Cité à la fois populeuse et riche, centre principal du commerce et de l'industrie russes, voisine de Nijni-Novgorod dont la fameuse foire attire chaque année, au mois de juillet, une foule immense de visiteurs, elle présente pour les Russes et pour les étrangers un intérêt qui profitera au succès de l'industrie française.

Nous sommes donc intimement convaincu que cette Exposition sera profondément utile ; elle créera entre la France et la Russie des relations plus directes, plus suivies, contribuera probablement à adoucir certaines barrières douanières dans les deux pays, ouvrira de nouveaux débouchés à notre industrie, et, comme le disait M. le Président de la République, en parlant de l'Exposition de 1889, « elle laissera certainement derrière elle des sympathies qui seront un germe fécond semé parmi les peuples, des amitiés plus durables peut-être que des alliances et qui ne portent en elles que des sentiments de concorde et de paix ».

Nous espérons donc, Messieurs et chers Collègues, que vous vous intéresserez à cette œuvre éminemment patriotique qui peut avoir une portée politique si considérable, et que vous voudrez bien encourager tous les industriels qui vous entourent à y participer largement, afin de donner un développement grandiose à cette manifestation déjà aujourd'hui sûre du succès.

CHRONIQUE

N° 130.

SOMMAIRE. — Le Pont de la Tour à Londres. — Contrepoids des roues de locomotives. — Tramways de Berne. — Éclairage électrique à Berlin. — Une horloge gigantesque.

Le Pont de la Tour à Londres. — On sait qu'à Londres la navigation maritime s'arrête sur la Tamise au pont connu sous le nom de pont de Londres, *London Bridge*. En aval, la communication entre les quartiers populeux situés sur les deux rives ne peut s'effectuer que par des *Ferry-boats* ou par des passages souterrains, *subways*, dont il n'existe plus qu'un près de la Tour, l'ancien tunnel de Brunel étant actuellement utilisé pour une ligne de chemin de fer.

Cette situation faisait réclamer depuis longtemps la construction d'un pont en aval du pont de Londres ; on ne pouvait toutefois, en présence d'intérêts sérieux, supprimer absolument l'accès des navires de mer aux parties situées entre le nouveau pont et le pont de Londres, il fallait donc trouver une solution qui donnât satisfaction à ces divers besoins. Un pont construit à un niveau assez élevé pour laisser passer les navires aurait nécessité des rampes d'accès dont l'emplacement était impossible à trouver, un pont tournant aurait été fort gênant pour la circulation. On s'est arrêté à un projet mixte, dû à M. J. Wolfe Barry, lequel a été chargé en qualité d'ingénieur en chef de la direction des travaux ; ces travaux commencés en 1885 sont actuellement très avancés. Nous allons décrire sommairement la disposition générale de cet ouvrage d'art, qu'on désigne sous le nom de « Pont de la Tour », à cause de sa situation voisine de la « Tour de Londres ».

On a établi sur les rives nord et sud de la Tamise deux culées massives dont les faces en regard sont distantes de 268,40 *m* ; on a fondé en rivière deux énormes piles de 21,35 *m* de largeur dans le sens transversal au fleuve et dont les axes sont distants de 82,35 *m*, de sorte qu'il reste entre elles une ouverture libre de 61 *m*, et entre chaque pile et la culée correspondante une ouverture de 82,35 *m*.

La longueur totale de l'ouvrage avec les viaducs d'approche sera de 805 *m*.

Les travées extrêmes sont franchies par des ponts suspendus dont les chaines, doubles dans chaque rangée verticale et entretoisées par des treillis, s'attachent à des tours établies sur les piles et culées. Ces tours surmontées d'un clocher central et de clochetons aux angles sont d'un effet très architectural. Les tabliers de ces ponts ont ainsi que les approches une largeur de 18 *m*.

L'ouverture centrale a un tablier de 15 *m* de largeur seulement. Il n'y

aurait, si cette ouverture était couverte par un pont fixe, que 9 m de passage au-dessus des plus hautes eaux, ce qui est largement suffisant pour la navigation fluviale ; mais, comme on l'a vu plus haut, il faut tenir compte de la navigation maritime, qu'on a calculée devoir être représentée par le passage journalier de vingt-deux navires en moyenne. On a donc fermé l'ouverture centrale de 61 m par deux volées pouvant se relever dans un plan vertical et laissant, une fois ouvertes, un passage libre de 42,70 m, ce qui est suffisant pour faire passer plusieurs navires à la fois. Ces volées pèseront 1 000 t chacune et seront équilibrées avec soin, de manière à pouvoir se manœuvrer facilement par des appareils hydrauliques.

L'ouverture du pont arrêtera naturellement la circulation, mais pour ne pas interrompre celle des piétons on a établi au haut des tours de support des câbles deux passerelles de 3,7 m de largeur chacune, dont le dessous est à 42,70 m au-dessus des plus hautes eaux. Des ascenseurs placés dans les tours permettront de franchir rapidement et sans fatigue la hauteur verticale de plus de 30 m qui sépare les deux niveaux.

Deux machines à vapeur de 360 chevaux chacune avec six accumulateurs et les pompes nécessaires fourniront l'eau pour la manœuvre des quatre ascenseurs et des huit machines servant à relever la partie mobile.

Les approches ont été faites avec des inclinaisons qui ne dépassent pas 25 0/00, alors qu'au pont de Londres on trouve à certains endroits des inclinaisons bien supérieures allant jusqu'à 37 0/00.

Les travaux de maçonnerie sont terminés, on y a employé 7 500 m^3 de pierre et 30 000 m^3 de béton. La superstructure qu'on est en train d'établir emploiera environ 15 000 t de métal ; elle a été confiée à MM. W. Arroll et Cie, de Glasgow, les constructeurs du pont du Forth. L'acier laminé employé est soumis à des essais très minutieux, on exige une résistance de 43 à 51 kg par millimètre carré avec allongement de 20 0/0

Contrepoids des roues de locomotives. — A la suite de plusieurs avaries sérieuses survenues à la voie de diverses lignes de chemins de fer aux États-Unis, on a recherché si les contrepoids des roues de locomotives étaient convenablement établis et, après s'en être assuré, on a continué l'enquête d'autres côtés jusqu'à ce qu'après de longues et minutieuses investigations on ait reconnu la cause réelle de ces accidents, cause assez curieuse et au sujet de laquelle nous trouvons ce qui suit dans le *Railroad Gazette*.

Le point de départ de ces accidents est un fait assez fréquent pour qu'il soit nécessaire d'appeler l'attention la plus sérieuse sur ce point. Dans un cas, c'était une locomotive transportée à vide avec les bielles démontées ; dans un autre, une machine avariée avec les bielles démontées d'un côté et attelée dans un train marchant à une vitesse considérable. Presque toutes les Compagnies de chemins de fer acceptent de transporter sur leurs roues des locomotives avec les bielles d'accouplement démontées. On peut calculer facilement quelle est la réaction produite sur le rail par la suppression des conditions d'équilibre que les contrepoids sont appelés à réaliser.

Prenons le cas d'une machine *Consolidation* (quatre essieux accouplés) à roues de 1,220 *m* de diamètre. Les contrepoids de ces machines pèsent généralement 250 *kg* et leur centre de gravité se trouve à 0,350 *m* de l'axe de la roue. Si la machine est mise en circulation avec les bielles motrices et d'accouplement démontées, les contrepoids ne sont plus compensés que par les boutons de manivelles et les renflements qui les portent; si on estime le poids de ces parties à 77 *kg*, il reste un poids non équilibré de 173 *kg*. A la vitesse de 80 *km* à l'heure, qui n'est pas extraordinaire en Amérique pour les trains de marchandises à la descente des rampes, la pression qui résulte sur les rails de l'action de la partie non équilibrée des contrepoids atteint 8 000 *kg*, en nombre rond, en plus de la charge exercée par la roue.

Cette pression s'exerce périodiquement et brusquement, elle excède de beaucoup celles qu'on a constatées sur des machines à huit roues, mal équilibrées et qui ont endommagé considérablement les voies.

Il faut donc apporter quelque circonspection à admettre dans les trains des machines à bielles démontées ou des machines avariées où l'un des mécanismes est enlevé, car, si la vitesse est un peu considérable, les effets des contrepoids qui ne sont plus compensés peuvent devenir désastreux pour la voie. La ligne de Chicago, Milwaukee et Saint-Paul limite à 16 *km* à l'heure la vitesse à donner à des locomotives avariées et les règlements de ce genre devraient être généralisés, à moins qu'on ne trouve un moyen de prévenir les inconvénients produits par l'action des contrepoids dans les locomotives circulant avec les bielles d'accouplement démontées.

Ces inconvénients ne sont pas aussi graves avec les machines qui ont de plus grandes roues ou dont le poids est moindre. Ce sont les machines de manœuvre et les machines du type *Consolidation* qui exigent la plus grande attention. La limite de vitesse à imposer aux machines circulant dans les conditions qui viennent d'être indiquées ne devrait pas être la même pour toutes. Elle doit être d'autant plus basse que les machines sont plus lourdes et ont de plus petites roues; on peut être beaucoup moins rigoureux pour les autres.

Il y a quatre moyens principaux d'obvier à l'inconvenient signalé :

1° Laisser les bielles en place pour le transport des machines;

2° Placer sur les boutons de manivelles un contrepoids provisoire équivalent au poids des bielles;

3° Ne pas faire venir les contrepoids avec les roues et ne les mettre en place qu'une fois la machine arrivée à destination;

4° Limiter la vitesse des machines circulant avec les bielles démontées.

Il y a peut-être encore d'autres solutions, mais celles-ci sont celles qui se présentent tout naturellement à l'esprit et l'emploi des unes ou des autres suffira à prévenir les inconvénients très sérieux qui viennent d'être indiqués.

Tramways de Berne. — Nous avons indiqué dans la chronique d'avril 1890, page 463, parmi les tramways existant ou en construction en Suisse, ceux de Berne dont l'ouverture devait avoir lieu le 1er mai,

avec traction par l'air comprimé au moyen d'une force motrice empruntée à une chute d'eau de l'Aar.

Ces tramways ont été établis d'après le système Mékarski; l'exploitation n'a pu, par suite de diverses circonstances, commencer que le 1er octobre. Voici quelques renseignements que nous trouvons dans le *Schweizerische Bauzeitung.*

La ligne part de la Fosse-aux-Ours, à l'extrémité du pont de la Nydeck et suit la Grande-Rue jusqu'à la gare pour se diriger de là sur le cimetière de Bremgarten où elle se termine après un parcours de 3 *km*. La différence de niveau des points extrêmes est de 34 *m*, ce qui donnerait une inclinaison moyenne de 1,14 0/0; mais il y a sur 130 *m* une inclinaison maxima qui atteint 56,5 0/0.

La voie est à l'écartement de 1 *m*; les courbes ont 30 *m* de rayon dans les croisements, mais pas moins de 50 *m* en pleine voie.

Le service est fait par des voitures automobiles pesant 6 800 *kg* à vide et contenant vingt-huit places dont seize assises, ce qui fait environ 9 000 *kg* pour la voiture chargée au maximum. Les réservoirs contiennent 2 m^3 d'air à 30 atmosphères de pression initiale, fournie par des compresseurs actionnés par des turbines qui développent environ 70 chevaux.

Dans la ville, la vitesse est limitée à 12 *km* à l'heure, elle est un peu plus considérable en dehors. Le service se fait à dix minutes d'intervalle et le prix est de 10 centimes de la Fosse-aux-Ours à la gare et autant de là au cimetière de Bremgarten qui forme l'autre terminus.

Les dépenses d'établissement se sont élevées à 410 000 *f*, ce qui représente 137 000 *f* par kilomètre. Le trafic paraît devoir être satisfaisant, autant qu'on peut en juger par le premier mois d'exploitation.

Éclairage électrique à Berlin. — Voici, d'après le *Deutsche Bauzeitung,* quelques renseignements sur le développement de l'éclairage électrique à Berlin :

Il y a pour l'éclairage public à Berlin dans la Leipziger-Strasse trente-six lampes à arc qui brûlent douze heures et « Sous-les-Tilleuls » cent quatre lampes à arc dont cinquante-six brûlent toute la nuit. Les deux stations centrales de Margrafen-Strasse et de Maurer-Strasse donnaient pour l'éclairage particulier les chiffres suivants;

	Éclairages	Lampes à arc	Lampes à incandescence
	—	—	—
Fin mars 1888 . . .	300	540	23 016
— 1889 . . .	450	826	31 417

En outre, les installations particulières d'éclairage fournissaient pour les deux dates indiquées les résultats ci-après :

	1888	1889
	—	—
Machines à vapeur	136	158
Moteurs à gaz	53	79
Lampes à arc	1 700	2 796
Lampes à incandescence . .	22 536	31 399

Si on ajoute à ces chiffres ceux donnés précédemment pour l'éclairage fourni par les stations centrales, on trouve les totaux généraux.

	1888	1889
Éclairages.	489	687
Lampes à arc	2 249	3 622
Lampes à incandescence. . .	45 552	62 816

Le développement de l'éclairage électrique ne paraît pas avoir restreint la production du gaz, car il en a été vendu l'année dernière 3 750 000 m^3 de plus que l'année précédente. Du reste, le gaz à Berlin n'a pas tant à craindre la concurrence de l'électricité que celle du pétrole, dont la consommation a beaucoup augmenté avec le perfectionnement des lampes à pétrole.

Les usines à gaz municipales ont produit, en 1889, 90 millions de mètres cubes; de plus, la Compagnie impériale continentale, qui a deux usines à Berlin, en a produit 33 millions. Mais la consommation du pétrole s'élève à des chiffres énormes, 47 300 *t* en 1887 et 54 000 *t* en 1888.

Une horloge gigantesque. — On doit installer sur une tour qui fait partie d'un grand édifice public en construction à Philadelphie une horloge qui comptera parmi les objets les plus extraordinaires de ce genre.

Le cadran aura 7,65 *m* de diamètre et son centre sera à 108 *m* au-dessus du sol. On s'est évidemment proposé de dépasser les dimensions de l'horloge du Parlement à Londres. L'aiguille des minutes aura 3,66 *m* de longueur et celle des heures 2,75 *m*; les chiffres romains indiquant les heures auront 0,80 *m* de longueur. La grosse cloche pèsera de 10 à 11 *t*, elle viendra immédiatement après celle de la cathédrale de Montréal qui pèse 12,5 *t*. Cette cloche ne servira, bien entendu, que dans les cas extraordinaires. Les heures, quarts, demies et trois-quarts seront sonnés par des carillons, comme à Westminster.

On compte mettre un an pour installer le mécanisme de l'horloge ; le remontage sera effectué tous les jours par une machine à vapeur établie au pied de la tour.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

JUILLET 1890.

Séance générale du 13 juin 1890.

Discours de M. HATON de la GOUPILLIÈRE, Président.

Notice sur les travaux scientifiques d'EUGÈNE PELIGOT, par M. AIMÉ GIRARD.

Distribution des récompenses.

AOUT 1890.

Rapport de M. BARDY sur les **appareils destinés au tirage des bières, de MM. Guéret frères.**

Ces appareils sont relatifs à l'application de l'acide carbonique au tirage de la bière et comportent un producteur dans lequel le gaz se dégage par la réaction de l'acide sulfurique sur du bicarbonate de soude automatiquement et au fur et à mesure des besoins, d'un vase jaugeur et d'un laveur à eau.

Ces appareils sont très simples, d'un fonctionnement rapide et d'une manipulation facile. Ils peuvent, au moyen d'un dispositif additionnel, se prêter à la mise en bouteille de la bière. On les a également appliqués au filtrage des vins, opération qu'on a reconnu depuis plusieurs années, notamment dans le Bordelais, devoir être avantageusement opérée hors le contact de l'air, dans une atmosphère d'acide carbonique.

Rapport de M. PRUNIER sur le **filtrage pour les eaux potables de M. Maignen.**

Ce filtre se compose en principe d'un tissu d'amiante imputrescible et inattaquable qui sert de support à un réseau de particules de noir animal suffisamment tenues pour ne laisser aux interstices qu'une dimension inférieure à celle des microbes qu'on a intérêt à retenir au passage. Le tout est contenu dans des vases en grès, faïence, verre ou porcelaine.

Le nettoyage du filtre se fait par le lavage du tissu d'amiante et le remplacement du charbon.

Ces appareils sont aujourd'hui très répandus et ont donné de très bons résultats, notamment dans la campagne du Soudan où les eaux consommées par les troupes anglaises étaient filtrées au moyen des appareils Maignen.

Rapport de M. HARDY sur les **ouvrages de M. Charles Baltet,** à Troyes.

Ces ouvrages ont pour titre : **Traité de la culture fruitière commerciale et bourgeoise** et **l'Art de Greffer.**

Rapport de M. Rossigneux sur la **Table chromatique de M. Hupé.**

La célèbre théorie des couleurs de Chevreul avait été acceptée avec enthousiasme et mise en pratique à la manufacture des Gobelins. Mais on ne tarda pas à s'apercevoir que la table chromatique qui en est la conséquence n'en est pas le complément logique et que les résultats obtenus sont en contradiction flagrante avec les prémisses dont elles devraient découler; ce désaccord lui enlève toute son utilité pratique. Un artiste tapissier des Gobelins, M. Hupé père, avait cherché à se rendre compte des imperfections de la table chromatique et après de longues et patientes recherches, il acquit la certitude que la construction imaginée par M. Chevreul était en contradiction avec les bases établies par lui-même.

M. Hupé pensa que, pour trouver une table chromatique satisfaisante pour les besoins de la pratique, il fallait partir d'un tout autre point, et qu'au lieu de classer les couleurs suivant une théorie plus ou moins séduisante, il fallait les regarder se classer d'elles-mêmes, livrant ainsi à l'œil de l'observateur le secret des lois qui président à leur formation.

M. Hupé fils, collaborateur de son père, est arrivé, sur les indications et après la mort de celui-ci, à construire une table chromatique dans laquelle les rapports des couleurs sont nettement établis et qui peut fournir mathématiquement la résultante d'un mélange quelconque, quelles que soient les proportions dans lesquelles il doit être opéré, et les moyens souvent multiples et très opposés mis à la disposition des intéressés pour reproduire une couleur donnée. Elle permet de trouver sans tâtonnements, d'une manière précise, les couleurs véritablement complémentaires les unes des autres, et cela sans qu'il soit besoin d'études préalables.

Cette table a été soumise à la manufacture des Gobelins à une expérimentation pratique tout à fait concluante.

Rapport de M. H. Le Chatelier, sur un **Mémoire de M. Deval, relatif aux essais à l'eau chaude des ciments et chaux hydrauliques.**

A première vue il semble étrange dans l'essai des ciments à l'eau chaude, de se placer dans des conditions aussi différentes de celles qui se rencontrent dans l'emploi usuel de ces matières. Mais, si on réfléchit que, dans les travaux, les ciments subissent une lente évolution qui se termine finalement par leur destruction, on comprend qu'il y ait intérêt pour les essais à opérer rapidement une attaque que les agents naturels, tels que la gelée, la sécheresse, l'action des eaux courantes et de l'eau de mer n'opèrent que très lentement.

Les expériences de M. Deval ont porté sur les ciments Portland, sur les ciments à prise rapide et sur les chaux hydrauliques. Le mode d'essai consistant à faire durcir les briquettes sous l'eau à la température de 80° au lieu de 15° et à les essayer à l'âge de deux à sept jours au lieu de sept et vingt-huit.

L'ensemble des expériences a montré que les produits hydrauliques de bonne qualité, de fabrication normale, sont rangés sensiblement dans le même ordre par les essais faits à chaud et les essais faits à froid. Au contraire, les produits renfermant de la chaux libre sont rejetés au loin par l'essai à chaud et les produits qui renferment des matières pouzzolaniques peu énergiques, cendres, mâchefer, etc., gagnent notablement au classement fait à chaud.

En somme, l'essai à chaud paraît devoir rendre des services pour la fabrication des ciments en ce qu'il permet de juger rapidement de la qualité des produits. Quant à l'emploi de cet essai pour la réception des produits, il soulèvera nécessairement une grande opposition de la part des producteurs de ciments et il ne peut être question actuellement de substituer brusquement dans les conditions de réception les essais à l'eau chaude aux essais à l'eau froide.

Le collage du papier d'après les nouvelles expériences pratiques. (Traduit du *Dingler's polytechnische journal.*)

On sait que le collage du papier a pour but de lui enlever la propriété de boire. On collait généralement le papier par la surface en le plongeant dans une solution de gélatine. La fabrication à la machine et l'adoption de la résine pour le collage ont amené l'emploi du collage dans la pâte qui donne des résultats beaucoup plus prompts. Mais le succès du collage de la pâte dans la pile dépend de beaucoup de circonstances et il a fallu un examen minutieux des diverses réactions qui se produisent dans cette opération, joint à des essais systématiques pour trouver les doses les plus avantageuses et les conditions dans lesquelles le but cherché peut être le mieux atteint.

La note examine successivement : la préparation de la fibre dans la pile, l'influence de la nature de la fibre, la nature de la résine, la cuisson de la colle de résine, la séparation du savon de résine, les variations dans la préparation de la colle, la précipitation de la résine du savon résineux de la colle, les réactions qui ont lieu pendant le collage, etc.

Les observations les plus importantes à faire sur le collage du papier dans la pile sont les suivantes :

1° Les fibres doivent être traitées de telle sorte qu'elles offrent à l'action de la colle le plus grand développement superficiel. On obtient ce résultat en divisant les fibres défilées suivant leur longueur en fibrilles aussi fines que possible. Ces fibrilles sont alors très souples, elles s'entrelacent facilement et le papier obtenu est très résistant ;

2° Les matières que l'on emploie comme colle doivent avoir la propriété de pouvoir imprégner complètement l'intérieur des fibres, la portion de colle qui se fixe sur la fibre même doit avoir le plus haut degré de finesse, car alors les fibres seront enduites aussi complètement que possible. La colle remplit aussi les interstices du papier ; pour que ce but soit parfaitement atteint, il faut que les particules de la colle qui doit jouer ce rôle soient de grosseurs variées ;

3° On n'obtient un collage suffisamment solide que si le papier encore humide est chauffé sur les cylindres sécheurs à la température nécessaire.

Photomètre polarisateur de Wild approprié aux besoins de l'industrie, par M. Chwolson (traduit du *Zapiski*).

Le photomètre de Wild permet de comparer facilement les lumières diversement colorées. On y rencontre la lame double de Savartof, c'est-à-dire deux lames de spath d'Islande dont les surfaces font avec l'axe du cristal un angle de 45°; les deux lames sont tournées à 90°, l'une par rapport à l'autre, et collées ensemble.

Cet assemblage a la propriété suivante : supposons que le rayon lumineux traverse les lames, puis le prisme de Nicole, pour aboutir à l'oculaire ordinaire du photomètre. Si le rayon est polarisé, l'observateur verra à l'oculaire dans le champ visuel une série de raies noires. Ces raies disparaissent dans deux cas : d'abord lorsque le rayon lumineux n'est pas polarisé ; puis lorsque deux faisceaux suivant la direction du rayon lumineux sont d'égale intensité et sont totalement polarisés dans des plans perpendiculaires l'un à l'autre.

On comprend dès lors que si on observe les deux lumières dont on cherche le rapport d'intensité, l'angle qui sépare les points où la rotation de l'appareil fait disparaître les raies noires, peut donner la mesure du rapport de ces intensités.

Perfectionnement dans la préparation de la colle (patente allemande).

Tannage minéral (patente anglaise).

Septembre 1890.

Rapport de M. Cheysson sur **la carte des chemins de fer de l'Europe**, présentée par MM. J. Leroy et fils et sur leur fabrique de papiers peints.

Cette carte a 5,17 *m* de longueur sur 3,30 de hauteur, soit 17 *m* et est formée de onze lés de papier peint.

Elle a été imprimée au procédé ordinaire à la planche et n'a pas exigé pour sa fabrication moins de 70 planches de 0,48 *m* de côté.

MM. Leroy emploient pour l'impression mécanique des machines très perfectionnées, dans lesquelles les cylindres ne sont plus en bois, mais en plâtre coulé autour d'un noyau ou paillasson, ce qui les rend plus légers. Ces machines appartiennent à trois types dont le plus puissant, muni de 26 cylindres imprimeurs, est capable d'imprimer des dessins ayant jusqu'à 1,20 *m* de hauteur.

Rapport de M. Rousselle sur les **procédés d'éclairage intensif au moyen de l'huile de pétrole**, de M. Besnard.

M. Besnard a combiné des brûleurs à mèches rondes de 14, 24 et 36 lignes qui donnent une flamme d'une blancheur éclatante et d'une fixité remarquable ; ils sont à double courant d'air; l'un des courants est produit par une cheminée conique partant de la partie inférieure de la lampe et l'autre est dirigé à l'extérieur de la flamme par une capsule ronde placée au-dessus de la mèche et par un disque disposé au centre.

Des essais faits au laboratoire de la vérification du gaz à la préfecture de la Seine, ont constaté, pour la lampe de 14 lignes donnant 2,54 carcels, une dépense de 30.3 *g* par carcel et par heure.

Le rapport fait observer à ce sujet que les droits qui pèsent en France sur le pétrole entravent le développement de son emploi et placent le consommateur français dans une situation d'infériorité fâcheuse par rapport à l'étranger. Aussi n'est-il pas étonnant qu'en Belgique la consommation soit, par habitant, le quadruple de ce qu'elle est chez nous. Cet impôt pèse surtout sur la classe ouvrière.

Rapport de M. Farcot sur le **manomètre métallique** de M. Mignot.

Dans ce manomètre, l'organe élastique recevant la pression est un simple disque en acier trempé dont la flexion au centre ne dépasse pas 1/55 du diamètre. Ce disque est évidé à son centre et doublé d'un diaphragme en cuivre mince qui forme obturateur. La déformation du disque est amplifiée par un système de leviers qui agissent sur l'aiguille indicatrice. Ce manomètre est très sensible et donne des indications très sûres.

Rapport de M. Redier sur les **horloges électriques** de M. Ponchard.

Les appareils présentés par M. Ponchard sont : 1° l'horloge type chargée de transmettre l'heure à un grand nombre de cadrans récepteurs; 2° ces récepteurs eux-mêmes munis de dispositifs propres à corriger les erreurs de transmission : 3° enfin un mode de réglage à distance des horloges ordinaires.

L'expérience a indiqué que ces dispositions étaient pratiques et efficaces. Le chemin de fer de l'Ouest est en possession d'une série de ces horloges dont le point de départ est à la gare Saint-Lazare. Les signaux télégraphiques sont suspendus de 2 heures 58 minutes à 3 heures du matin, et c'est pendant ces deux minutes que la mise à l'heure se fait. les pendules faisant elles-mêmes dévier à leur profit le courant destiné au télégraphe. Cet ensemble fonctionne de la manière la plus satisfaisante.

Note sur l'état actuel de la question de **fermeture des lampes de sûreté**, par M. Janet, Ingénieur au corps des mines.

Cette note est extraite des *Annales des Mines*, 6e livraison, 1889, et nous en avons parlé dans le Bulletin de mai 1890, page 668.

Propriété industrielle. — Projets adoptés par la conférence tenue à Madrid le 1er avril 1890.

Sur la **Métallurgie de l'aluminium**, par M. H. Roscoe. (Traduit du *Journal of the Franklin Institute.*)

Il s'agit de la méthode employée à l'usine d'Olburg, dirigée par M. Castner et qui repose principalement sur la fabrication du sodium par le procédé Castner.

Ce procédé consiste a chauffer la soude caustique fondue et à l'état parfaitement fluide avec du charbon, il se forme du carbonate de soude. il se dégage de l'hydrogène et du sodium mis en liberté passe à la distillation. On le recueille dans des condenseurs.

Le chlore préparé par le procédé ordinaire avec du bioxyde de manganèse et de l'acide chlorhydrique réagit à chaud sur un mélange d'hydrate d'alumine, de sel commun et de charbon de bois; l'action du chlore a lieu pendant 72 heures, et on obtient un chlorure double d'alumine et

de soude qui distille et est recueilli dans des condenseurs. Une batterie de douze cornues donne par semaine 13 500 *kg* de ce produit.

Ce chlorure double contient du fer provenant des matières employées et de la terre réfractaire des cornues. On le purifie avant la réduction par un procédé resté secret.

Le chlorure double est réduit par le sodium dans un four à réverbère. Chaque four reçoit 1 200 livres de chlorure double pur, 600 de cryolithe et 350 de sodium et donne 115 à 120 d'aluminium.

Le métal obtenu qui contient 99 pour 100 d'aluminium et 1 pour 100 de fer et silicium revient à 56 *f* le kilogramme.

On peut espérer voir ce prix s'abaisser encore.

Recherche de l'alcool amylique dans les eaux-de-vie. (Traduit du *Chemische Industrie*).

Le procédé de Röse-Lunge permet de doser l'alcool amylique par l'emploi du chloroforme qui, mélangé à l'eau-de-vie à examiner, forme bientôt deux couches, dont l'inférieure a un volume d'autant plus grand qu'il y a plus d'alcool amylique.

Hertzfeld a construit un appareil perfectionné pour appliquer commodément cette méthode qui permet d'apprécier jusqu'à 0,01 pour 100 d'alcool amylique dans une eau-de-vie ou un alcool.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Juillet 1890.

Note sur les **dimensions et profils des rails** et notamment de ceux adoptés sur les lignes parcourues par les trains rapides, par M. Mussy, Ingénieur en chef des mines.

L'auteur résume, d'abord, succinctement les expériences faites sur divers points, entre autres sur les lignes du P.-L.-M., du Nord, de l'Est et à l'étranger, pour apprécier l'usure des rails d'acier et son rapport avec la circulation; puis il examine l'état actuel des voies sur les réseaux français et étranger.

Ses conclusions sont qu'il faut s'attendre à voir les Compagnies françaises, dans un avenir plus ou moins prochain, conduites à augmenter la vitesse de leurs trains pour se rapprocher dans une certaine mesure de celles admises en Angleterre et en Amérique. Les dispositions à prendre pour y arriver consistent principalement dans le renforcement des voies par accroissement des longueurs et poids des rails. On arrive aujourd'hui à des longueurs de 11 et 12 *m*. Aux rails de 30 à 39 *kg* des Compagnies françaises substituent des rails de 43 à 47 *kg*. Enfin, l'assemblage au joint est fortement consolidé ; sur certains réseaux, le nombre des traverses est augmenté.

L'emploi des bogies à l'avant des machines est une cause étrangère au renforcement de la voie qui vient intervenir dans une large mesure pour faciliter les grandes vitesses ; on peut estimer que, comme cela s'est présenté en Amérique, cet emploi réalisera pour les lignes montées en rails Vignole une solution satisfaisante pour le problème des grandes vitesses.

Notice sur **un fluviographe électrique avertisseur**, par M. Ch. Mocquery, Ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Le but de cet appareil, c'est : 1° d'enregistrer à toutes distances, à l'aide de l'électricité, les variations du niveau d'un cours d'eau en un ou plusieurs points donnés, et 2° lorsqu'il est placé auprès d'un barrage mobile d'une rivière canalisée, d'avertir les barragistes qu'ils ont une manœuvre à faire pour maintenir le niveau dans les limites réglementaires ou laisser passer la crue.

Le niveau de l'eau est accusé par un flotteur de 0,30 *m* de diamètre qui se déplace verticalement dans un tube en fonte vertical en communication avec le fleuve. La transmission du déplacement du flotteur se fait par une poulie dont la jante, qui a exactement 1 *m* de développement, est filetée en pas de vis. Une roue est portée par l'axe de la poulie, de sorte que chaque mètre de déplacement du flotteur correspond à l'intervalle de deux dents de cette roue qui en a dix et il en résulte qu'un déplacement de 5 *cm* du flotteur fait tourner la roue d'un intervalle de dents dans un sens ou dans l'autre. Un contact convenablement disposé permet d'envoyer un courant dans un fil à chaque déplacement de 5 *cm* du flotteur et d'obtenir ainsi non seulement une indication à distance du niveau du fleuve, mais encore un enregistrement sur un papier. L'avertissement se produit par une sonnerie quand le niveau est arrivé à un point déterminé à l'avance. Cet appareil est en service sur la Seine depuis 1882 et donne toute satisfaction. Le mémoire indique quelques perfectionnements qui peuvent être apportés à l'enregistrement.

Note sur **le calcul d'une pièce droite inclinée**, par M. d'Ocagne, Ingénieur des ponts et chaussées.

Il s'agit d'une pièce droite reposant sur deux appuis qui ne sont pas de niveau, cas, par exemple, d'un arbalétrier de ferme de toiture. L'auteur arrive à cette règle pratique très simple : Pour le calcul d'une pièce modérément inclinée, il faut faire abstraction de l'inclinaison et réduire la longueur à celle de la projection horizontale en conservant les autres données : section normale et charge uniformément répartie.

Aout 1890.

Théorie et tracé des courbes d'intrados en anse de panier, par MM. H. Dubois, conducteur des ponts et chaussées, et F. Gossot, capitaine d'artillerie.

On peut se demander si, dans le tracé de la courbe, dite en anse de panier, il est préférable d'employer des courbes continues, ellipses ou autres, ou des courbes composées d'arcs de cercle tangents entre eux.

Les auteurs considèrent que la dernière solution présente d'assez grands avantages pour la faire adopter dans la pratique et indiquent les différentes solutions qui ont été présentées jusqu'ici pour le tracé de l'anse de panier. Le défaut de ces méthodes est la nécessité de construire graphiquement les courbes à l'aide des rayons et le mémoire a pour but de donner le moyen d'y rémédier.

L'étude comprend : 1° la théorie du procédé ; 2° la pratique, et 3° des tables et l'application à un exemple.

Note sur les **travaux de consolidation de la tranchée de l'Estoura,** sur le chemin de fer de Marvejols à Neussargues, par M. Lamothe, Ingénieur des ponts et chaussées.

Cette tranchée pratiquée au flanc d'un coteau ébouleux a 83 *m* de développement sur un côté et seulement 9 *m* de l'autre côté.

La consolidation a été obtenue au moyen d'éperons de 2 *m* de largeur pénétrant dans le massif à assainir. Le drainage est complété par des drains exécutés en galerie normalement aux éperons dans lesquels ils se déversent. Ces travaux ont parfaitement résisté depuis quatre années, de sorte que le succès peut être considéré comme assuré. La dépense s'est élevée à 1 978 *f* par mètre courant de voie et à 0,51 *f* par mètre cube de terrain consolidé, ou enfin à 24,66 *f* par mètre carré de surface de talus éboulé.

Note sur les **ports de Marioupol et Novorossisk,** par M. Herrmann, Ingénieur des ponts et chaussées.

Le port de Marioupol, situé dans la mer d'Azow, est constitué par des jetées convergentes s'avançant au-devant d'une plage sablonneuse. Il comporte un port en eau profonde et un bassin intérieur.

Le port en eau profonde est compris entre les jetées dont l'une a 1 608 *m* et l'autre seulement 494, avec une jetée isolée en prolongement de celle-ci, et de 1 400 *m* de développement. Ces jetées sont formées d'un coffrage en bois dans lequels sont noyés des enrochements calcaires ; la superstructure est en maçonnerie de granit. Ce type de jetée coûte à Marioupol environ 1 725 *f* le mètre courant.

Le bassin intérieur a 234 *m* de longueur sur 85 *m* de largeur. Il n'est bordé que sur un côté de murs de granit construits dans le même système que les jetées. On peut estimer que l'ensemble des travaux aura coûté 12 000 000 *f* environ.

Le port de Novorossisk, situé dans la mer Noire, dans une baie vers l'extrémité de la chaine du Caucase, est relié par un embranchement de 271 *km* de longueur à la grande ligne de chemin de fer de Rostow-sur-le-Don à Vladikawkas. Ce port a un grand avenir comme devant desservir le commerce des riches plaines de la Circaucasie, sans compter l'exploitation des gisements de pétrole et les fabriques de ciments dont les produits sont employés dans tout le sud de la Russie pour les travaux à la mer.

Le port en construction sera constitué par un quai dont les terre-pleins seront entièrement conquis sur la mer et dont le développement total atteindra 1 157 *m*.

Il sera abrité par une jetée curviligne de 589 *m* de longueur contre laquelle les terre-pleins s'appuieront sur 264 *m*.

Cette jetée est en enrochements naturels supportant des blocs de béton avec superstructure maçonnée.

Les blocs sont immergés avec des chalands basculeurs et on en régale la surface au scaphandre. On immerge ces blocs avec un pont roulant en acier de 50 *m* de longueur, construit par la maison Arrol, de Glasgow, dont la construction seule a coûté 500 000 *f*.

On estime à 9 millions de francs les dépenses de la construction du port de Novorossisk, dont on prévoit l'achèvement pour 1892.

Note sur le **rivetage à pied d'œuvre des tabliers métalliques**, par M. Geoffroy, Ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Le rivetage des tabliers métalliques a éprouvé, dans les usines, de grandes améliorations du fait de l'introduction des fours à vent pour le chauffage des rivets et des riveuses mécaniques. On pourrait obtenir une amélioration analogue du travail sur les chantiers de montage par l'emploi des mêmes appareils, bien que cet emploi présente certaines difficultés.

Une première expérience a été faite sur le chantier de montage du pont de Borne (ligne de La Roche à Cluses) en juin 1888. On a employé un four mobile à vent produit par un ventilateur mû à la main et une riveuse hydraulique du système Delaloë et Piat.

Cette première tentative a suggéré quelques modifications nécessaires pour permettre d'employer le rivetage mécanique dans une plus grande proportion, celle-ci n'ayant été que de 23 0/0, et l'auteur de la note se propose d'employer l'appareil perfectionné au rivetage à pied d'œuvre d'un grand tablier métallique dont toutes les pièces sont étudiées en vue de cet emploi.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

RÉUNIONS DE SAINT-ÉTIENNE

Séance du 5 juillet 1890.

Communication de M. Mortier sur le **Congrès des accidents du travail.**

Le compte rendu de cette communication donne le sommaire des questions traitées dans les rapports spéciaux présentés à ce Congrès, qui s'est tenu à Paris, du 9 au 14 juillet 1889.

Communication de M. Michard sur l'**emploi de l'asphalte.**

L'auteur ne s'occupe dans cette communication que de l'emploi de l'asphalte en coulé et en comprimé, le premier pour les dallages et enduits, le second pour les chaussées de rues dans les grandes villes.

Au sujet de cette dernière application, on trouve des résultats très intéressants, faits au laboratoire de l'École des Ponts et Chaussées, sur la résistance à l'écrasement et à l'usure d'échantillons de carreaux et pavés en asphalte comprimé provenant de l'usine de Pont-du-Château (Puy-de-Dôme), exploitée par la Société civile des Mines de bitume et d'asphalte du Centre. Ces essais ont été faits : 1° à la température ordinaire ; 2° après immersion dans l'eau chaude à 50° ; 3° après immersion dans l'eau bouillante, et 4° après immersion dans l'huile.

Il a été constaté qu'un bloc d'acier de 3 *cm* de côté, avant de produire l'écrasement ou l'éclatement des blocs d'asphalte, s'enfonçait de 0,7 *mm* à la température ordinaire, 1,5 *mm* avec des pavés immergés dans l'eau à 50°, de 1 *mm* après immersion dans l'eau bouillante, et de 0,3 à 2 *mm* après immersion dans l'huile, suivant les variations d'imprégnation.

Pour l'usure appréciée à la machine Dorry, on a trouvé une moyenne générale de 0,80 à 1 *mm* pour l'asphalte, alors que, pour les diverses roches employées dans les travaux publics, elle varie, dans les mêmes

conditions, de 0,37 *mm* pour le quartzite de Domfront à 3,39 pour le liais de Senlis. Des pierres très employées pour le pavage donnent, le porphyre de Quenast, 0,84, et le grès dur de Fontainebleau, 1,53.

Communication de M. Rodde sur un **moyen de conduire les machines d'extraction.**

L'auteur, en présence des difficultés qu'il y a dans la conduite des machines d'extraction, s'est proposé d'appliquer à ces machines un mécanisme de commande tel que la machine soit obligée de suivre, comme sens et comme vitesse, le mouvement imprimé, à la main et sans effort, à un petit volant, ce qui revient *à asservir* la machine.

Deux dispositions ont été étudiées dans ce but en laissant intacts les organes de la distribution tels qu'ils existent. Il n'est guère possible d'en donner une idée sans le secours des figures qui accompagnent la communication.

RÉUNIONS DE SAINT-ÉTIENNE

Séance du 2 août 1890.

Communication de M. Leclère sur la **fabrication des tubes en acier sans soudure.**

Il s'agit du procédé Mannesmann, que nous avons décrit dans la Chronique d'août 1890, page 318.

Communication de M. Lescure sur les **coups de feu aux chaudières.**

C'est un compte rendu des expériences faites par M. Hirsch au Conservatoire des Arts et Métiers et pour lequel nous renverrons à nos Chroniques de Juin et Juillet 1889, pages 972, vol. I, et 96, vol. II.

Note de M. Rossigneux sur le **chevalement en fer** de la fosse n° 6, de Dourges.

Ce chevalement a 17 *m* du plancher à l'axe des molettes, il est du type westphalien, c'est-à-dire avec partie verticale en treillis et arcs-boutants inclinés formés par des tubes; les arcs-boutants sont espacés de 10 *m* entre eux et leurs pieds sont ancrés dans des piliers en maçonnerie de 1,50 × 1,10 faisant saillie à l'intérieur sur les murs du grand bâtiment qui renferme la recette et la machine. Ils ont 0,40 *m* de diamètre extérieur et 8 *mm* d'épaisseur. Le treillis est formé par des cornières réunies par des fers horizontaux et des croix en fer plat.

Ce chevalement, qui a été calculé pour une tension de 12 000 *kg* pour chacun des câbles, ne pèse que 15 000 *kg*, et, malgré sa légèreté, il est très résistant et absolument rigide. Il est en service depuis trois ans. Il a été établi par M. de Schryver, à Hautmont, au prix de 38 *f* les 100 *kg*, complètement monté sur place.

Communication de M. Buisson sur l'**appareil Clair pour l'asservissement des machines d'extraction.**

Au sujet de la communication faite par M. Rodde dans la précédente séance, M. Buisson rappelle qu'un appareil réalisant le but proposé avait été construit par MM. Clair, constructeurs à Saint-Étienne, et essayé sur la machine d'extraction du puits Verpilleux. Il décrit cet appareil

qui n'a pas été adopté, parce que, s'il assurait parfaitement l'arrêt et le changement du sens de la marche, il rendait extrêmement difficile la conduite régulière de la machine.

Exposition nationale et coloniale de 1892. — Il est dit que le conseil municipal de Lyon adopte le principe d'une Exposition nationale et coloniale qui s'ouvrirait à Lyon en mai 1892.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Avril-Mai 1890

Rapport général présenté au nom du bureau de l'**Association pour prévenir les accidents de fabrique,** par M. F. Engel-Gros, président de l'Association.

Liste des **machines et appareils exposés par l'Association pour prévenir les accidents de fabrique** à l'Exposition générale allemande de prévoyance contre les accidents. (Berlin, 1889.)

Liste des **documents exposés par l'Association pour prévenir les accidents de fabrique** à l'Exposition universelle de Paris en 1889.

Rapport de M. C. Pierron, ingénieur inspecteur de l'Association pour prévenir les accidents de fabrique, sur les **travaux techniques exécutés sous sa direction** du 1er janvier au 31 décembre 1889.

Le nombre des inspections effectuées s'élève à 1 396 pour des établissements appartenant à 1 273 raisons sociales, 1 216 mesures préventives ont été conseillées.

Les accidents constatés ont été au nombre de 1 201 contre 1 090 en 1888. On fait observer que l'augmentation tient à ce que les accidents sont déclarés avec plus de conscience que par le passé et aussi à un accroissement de l'activité industrielle.

25 0/0 de ces accidents auraient pu être prévenus pour diverses raisons ; savoir : 7,24 0/0 si des appareils préventifs convenables avaient été appliqués, 1,67 0/0 si les dispositions préventives avaient été bien appliquées, 1,75 0/0 si les ouvriers avaient employé les appareils préventifs existants, 1 0/0 si les ouvriers n'avaient pas enlevé les appareils préventifs existants, et enfin, 12,90 0/0 si les ouvriers avaient observé les règlements et les ordres de leurs chefs ou reçu des instructions suffisantes.

Sur 567 accidents de machines seuls, 52,59 0/0 auraient pu être prévenus, lesquels se répartissent entre les considérations précédentes dans la proportion de 15 — 4,75 — 5,28 et 26,98 0/0.

Il y a eu 10 cas de mort, dont 4 provoqués par des machines, savoir : 2 par le montage de courroies pendant la marche, 1 par la rupture d'une meule et 1 par contact avec le volant d'un métier renvideur.

Les autres cas de mort sont presque tous dus à des chutes.

Rapport sur l'**Exposition générale allemande de prévoyance contre les accidents,** par M. C. Pierron.

Le rapport examine successivement les générateurs de vapeur et appareils sous pression, les moteurs. les transmissions, les monte-charges, les machines à travailler le bois, les machines de l'industrie textile et les dispositions diverses. Il fait remarquer avec raison que beaucoup d'appareils préventifs avaient été imaginés en vue de l'Exposition et, par suite, il était encore impossible de se prononcer sur la valeur réelle qu'ils pouvaient avoir en pratique.

Congrès international des accidents du travail tenu à Paris en 1889.

Extraits du rapport officiel des inspecteurs de fabrique de l'empire d'Allemagne pour l'année 1888.

Extrait du rapport de l'inspecteur en chef des fabriques et manufactures anglaises pour l'année 1888.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 38. — *20 septembre 1890.*

Les machines de l'industrie textile à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par G. Rohn *(suite).*

Machine à vapeur à distribution par le piston moteur, par R. R. Werner.

Moteur à gaz ou à pétrole avec détente accélérée, par Emile Capitaine.

Tableaux graphiques pour le calcul des turbines, par C. Arndt.

Groupe de Westphalie. — Chaudière Dervaux avec épurateur des eaux d'alimentation.

Patentes.

Bibliographie. — Emploi du fer et de l'acier pour la construction et les usages industriels, par le professeur A. Ledebur.

Variétés. — Durée des divers systèmes de chaudières. — Fabrique d'appareils électriques à Berlin. — Porte-lames pour râpes. — Élévateur à tube oscillant. — Tableaux de fréquentation des écoles techniques supérieures de Berlin. — Chaudière à chauffage au gaz de Thwaite.

N° 39. — *27 septembre 1890.*

Les machines à vapeur à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par B. Salomon *(suite).*

Les machines de l'industrie textile à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par G. Rohn *(suite).*

Machine à essayer de l'établissement royal d'essais mécaniques à Charlottenbourg, par A. Martens.

Vitesse la plus avantageuse de l'eau dans les conduites pour les élévations artificielles, par le Dr R. Mehmke.

Groupe de Poméranie. — Résistance des parois de chaudières.

Patentes.

N° 40. — *4 octobre 1890.*

Les machines à vapeur à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par B. Salomon *(suite).*

Progrès dans la pose des voies de chemins de fer en Allemagne et en Autriche, par A. Gœring.

Machine à essayer de l'établissement royal d'essais mécaniques à Charlottenbourg, par A. Martens *(fin)*.

Règlements de police du 5 août 1890 sur l'installation des chaudières à vapeur.

Groupe de Hesse. — Expositions industrielles et notes sur l'Exposition de Paris.

Patentes.

Bibliographie. — William Siemens, par W. Pole.

Variétés. — Chaudières et machines à vapeur en Prusse en 1879 et 1889. — Canal de Panama. — Constructions en béton, système Monier.

N° 41. — *11 octobre 1890.*

Notice nécrologique sur Albert Schmidt.

Expériences sur la résistance des parois planes, par C. Bach.

Les machines de l'industrie textile à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par G. Rohn *(suite)*.

Théorie du planimètre polaire, par D. Kirsch.

Éléments des machines *(fin)*.

Assurance contre les accidents des élèves des écoles techniques supérieures, par C. Bach *(suite)*.

Groupe de Saxe-Anhalt. — Fabrique de machines, fonderie et chantier de construction navale de Sachsenberg frères, à Rosslau.

Patentes.

N° 42. — *18 octobre 1890.*

Nouvelle chaloupe de débarquement de la marine des Etats-Unis, par C. Busley.

Expériences sur la résistance des parois planes, par C. Bach *(suite)*.

Disposition de Whittacker pour le chauffage des chaudières à vapeur, par L. Vojacek.

Groupe de Cologne. — Distribution de force par l'air comprimé de Popp. — Développement de la navigation à vapeur sur le Rhin.

Patentes.

Correspondance. — Machines à vapeur à distribution par le piston moteur.

N° 43. — *25 octobre 1890.*

Machine compound de la filature de jute de Schurz, par C. Budil.

Expériences sur la résistance des parois planes, par C. Bach *(suite)*.

Emploi des laminoirs trio pour le laminage des tôles, par R. M. Daelen.

Groupe de Westphalie. — Épuration des eaux.

Patentes.

Bibliographie. — Métallurgie de l'acier, par H. W. Howe.

Correspondance. — Courbes de détente et caractéristiques. — Progrès dans la pose des voies de chemins de fer.

Variétés. — Eclairage de Berlin.

BIBLIOGRAPHIE

Guide pour l'essai des machines, par J. Buchetti. — Chez l'auteur, 11, rue Guy-Patin, Paris.

Dans la séance du 10 avril 1885, nous avons présenté à la Société des Ingénieurs civils le compte rendu du *Traité de l'essai des machines à vapeur*, de M. Buchetti, et le savant Ingénieur qui présidait cette année, M. de Comberousse, en s'associant à l'éloge que nous faisions de cet ouvrage de nature, à notre avis, à rendre de réels services à la profession, voulait bien conseiller à l'auteur de donner notre compte rendu comme préface à la seconde édition de son traité, édition qu'il lui souhaitait prochaine.

Le vœu de M. de Comberousse a porté bonheur à M. Buchetti, et c'est cette seconde édition portant le titre plus général de *Traité de l'essai des machines* que nous présentons aujourd'hui à nos collègues.

Nous n'avons pas à revenir sur l'utilité d'un traité de ce genre pour les ingénieurs et toutes les personnes qui ont à s'occuper de moteurs et qui devront savoir gré à M. Buchetti de leur avoir épargné bien des recherches et des pertes de temps en condensant sous une forme portative quantité de données et de renseignements utiles. Le succès remarquable qu'a eu cet ouvrage est la meilleure recommandation qu'on puisse en faire. Nous nous bornerons à indiquer que, pour combler une lacune que nous avions signalée dans notre compte rendu, l'auteur a ajouté un important chapitre consacré à une classe d'appareils appelés à jouer un rôle de plus en plus important, les dynamomètres.

Ces appareils qui mesurent le travail transmis par un moteur à un récepteur directement et pendant sa transmission même et non par une sorte de double pesée, comme les freins dynamométriques ont une utilité qui n'est plus contestable. Ils permettent, en effet, de mesurer le travail courant développé par un moteur ou absorbé par un récepteur, de l'enregistrer quelles que soient ses variations, et cela pendant un temps aussi considérable qu'on le désire et même de le totaliser.

M. Buchetti n'a pas eu la prétention de décrire un grand nombre de dynamomètres, il s'est contenté de donner des exemples dans les trois classes de ces instruments.

Les dynamomètres à ressorts ont pour prototype la manivelle dynamométrique et le dynamomètre de Morin. Dans ce genre, la grande difficulté est dans la disposition qui permet d'apprécier la flexion des ressorts ; dans le dynamomètre de Morin cette disposition tourne avec l'ensemble, ce qui rend la lecture très difficile, aussi se contente-t-on le plus souvent de l'enregistrement.

C'est sur ce point que se sont surtout portées les recherches ; on ramène généralement la flexion du ressort, laquelle se produit dans le plan de rotation, à déterminer par divers artifices un déplacement dans le sens de l'axe de l'arbre. M. Buchetti décrit dans cette catégorie, après les appareils classiques de Morin, le dynamomètre Megy, où le déplacement se fait extérieurement à l'arbre, le dynamomètre Easton et Anderson où ce déplacement se fait dans l'intérieur de l'arbre, la disposition Vuaillet, analogue à la précédente, mais où la transmission, au lieu d'engrenages, emploie une corde ou bande flexible ; l'appareil du capitaine Leneveu, des ateliers de Puteaux, appareil très sensible et qui peut servir à l'essai des huiles de graissage, le dynamomètre de Schuckert, etc.

La seconde classe comprend les dynamomètres à engrenage, celui bien connu de White avec ses roues d'angle, l'appareil Vuaillet, qui en est une intéressante modification, etc.

La dernière classe est celle des dynamomètres à courroie, dont il y a déjà un grand nombre de modèles : M. Buchetti décrit dans cette catégorie le dynamomètre de notre collègue, M. E. Farcot, celui de Banki, construit par Ganz et Cie, le dynamomètre de von Hefner Alteneck, etc.

L'addition de cet important chapitre ne peut qu'ajouter à l'intérêt de l'ouvrage de notre collègue, lequel ainsi lesté pourra voguer allègrement vers une troisième édition. En la lui souhaitant prochaine, nous espérons être aussi bon prophète que l'a été naguère notre ancien Président.

Pour la Chronique, les Comptes rendus et la Bibliographie :

A. Mallet.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 24766-11-90.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

NOVEMBRE 1890

N° 5

Sommaire des séances du mois de novembre 1890 :

1° *Bons de l'emprunt (Abandon de)*, par MM. H. Vallot, Deullin, Plichon et Joret (séances des 7 et 21 novembre, pages 671 et 687);

2° *Bons de l'emprunt (Remboursement des) sortis au tirage de juillet* (séance du 7 novembre, page 671);

3° *Décès* de MM. Vander Elst et de Komarnicki (séances des 7 et 21 novembre, pages 671 et 686);

4° *Décorations et nominations* de MM. Goldenberg, Hardon, Baudet, Hallopeau et Sadoine (séances des 7 et 21 novembre, pages 671 et 686);

5° *Lettres* de MM. E. Chabrier, Deharme et Muret, les Ingénieurs espagnols, Ghercevanof, Robert, Léautey et Guilbault (séances des 7 et 21 novembre, pages 671 et 687);

6° *Plan en relief de la ville de Paris* (don de M. Muret) (séance du 7 novembre, page 672);

7° *Pli cacheté (Dépôt d'un)*, par M. P. A. J. Van den Berghe (séance du 7 novembre, page 672);

8° *Prix Couvreux (Règlement du)* (séance du 7 novembre, page 672);

9° *Prix Giffard (Texte des sujets de concours pour les) en 1893* (séance du 21 novembre, page 687);

10° *Chaleur centrale dans l'intérieur des massifs montagneux (Analyse d'une note de M. J. Meyer sur la)*, par M. E. Polonceau (séance du 7 novembre, page 673);

11° *Chaudières à vapeur à l'Exposition de 1889 (Note complémentaire sur*

les), par MM. Dulac et E. Polonceau (séance du 7 novembre, page 682);

12° *Congrès de l'Iron and Steel Institute en 1890 (Note sur le)*, par M. E. Polonceau (séance du 21 novembre, page 688);

13° *Congrès de navigation de Manchester (Note sur le)*, par M. J. Fleury (séance du 21 novembre, page 700);

14° *Exposition française de Moscou en 1891 (Note sur l')*, par M. Aug. Moreau (séance du 7 novembre, page 676);

15° *Exposition du royaume de Bohême en 1891 (Note sur l')*, par M. Gruner (séance du 21 novembre, page 691);

16° *Exposition de Chicago en 1893 (Note sur l')*, par M. Gruner (séance du 21 novembre, page 693);

17° *Stabilité des prismes chargés de bout (Théorie nouvelle sur la)*, par M. Chaudy (séance du 7 novembre, page 675);

18° *Verre (Nouveau procédé de moulage du) basé sur l'étude des phénomènes de malléabilité*, par M. L. Appert (séance du 21 novembre, page 696);

Pendant le mois de novembre 1890, la Société a reçu :

31836 — De M. E. Deharme (M. de la S.). *Chemins de fer. Superstructure.* Grand in-8° de 695 p. et atlas grand in-4° de 73 pl. Paris, Baudry et Cie.

31837 — De M. J. Forrest. *Minutes of Proceedings of the Institution of civil Engineers.* Vol. CII, 1889-1890, Part. IV, et *Brief Subject-Index.* Vol. LIX, to CII, Sessions 1876-80, to 1889-90. London.

31838 — De M. A.-P. Dubos (M. de la S.). *Chemin de fer Métropolitain de Paris. Dossier composé de quatre pièces.* Paris, A. Dejey et Cie, 1872.

31838 bis. — De M. J. Couture (M. de la S.). *Études sur l'éclairage électrique actuel dans différents pays.* In-8° de 63 p. Marseille, J. Cayer, 1888.

31839 — De M. J. Gaudard. *Limites des fondations profondes.* In-8° de 31 p. avec pl. Lausanne, G. Bridel, 1890.

31840 — De M. O. Doin. *Traité des machines à vapeur*, par F. Sinigaglia. In-8° de 294 p. Paris, O. Doin, 1890.

31841 — De M. le baron G. Bertrand (M. de la S.). *Le Nord de la France*, par Baedeker. In-18 de 369 p. Paris, P. Ollendorff, 1887, 2e édition.

31842 et 31843 — De M. de Mazas. *Service hydrométrique du bassin de l'Adour. Observations sur les cours d'eau et la pluie centralisées pendant l'année 1888 et Résumé.* In-folio et grand in-8°. Paris, Regnier et Garet.

31844 — De la *Société industrielle de Mulhouse. Tables des matières des séances du Comité de chimie*, par A. Scheurer, 1866-1890. Grand in-8° de 48 p. Mulhouse, veuve Bader et Cie, 1890.

31845 — De M. E.-L. Corthell (M. de la S.). *Documents relatifs à l'Exposition Christ. Colomb, à Chicago.* 8 pièces manuscrites. 1890.

31846 — De M. J. Plichon (M. de la S.). *Note sur les charbonnages du Nord de l'Angleterre et de l'Écosse.* In-8° de 36 p. avec pl. Saint-Etienne, Théolier et Cie, 1890.

31847 — Du même. *La situation des ouvriers mineurs en France et à l'Étranger.* In-8° de 76 p. Paris, Noizette, 1890.

31848 — De la Direction générale des douanes. *Tableau général des mouvements du cabotage pendant l'année 1889.* In-folio. Paris, Imprimerie Nationale, 1890.

31849 — De M. J. Meyer (M. de la S.). *Le chemin de fer de Viège à Zermatte, à voie étroite de 1 m et à système mixte (adhérence et crémaillère).* In-4° de 26 p. avec pl. Paris, veuve Ch. Dunod, 1890.

31850 — De M. J. Buchetti (M. de la S.). *Guide pour l'essai des machines.* In-8° de 256 p. avec pl. Paris, chez l'auteur, 1890, 2e édition.

31851 — De the *Master Car-Builders' Association. Report of Proceedings.* 1890, Chicago, Hemy o Shepard.

31852 — De M. A. Bandsept (M. de la S.). *Lampes et becs gazo-multiples.* In-8° de 31 p. avec pl. Bruxelles, V. Verteneuil, 1890.

31853 — De la *Scuola d'applicazione per gl'Ingegneri in Roma. Annuario,* per l'anno scolastico 1890-91, et *Programmo d'insegnamento.*
31854 In-32 et in-8°. Roma (typ. de la R. Accademia dei Lincei), 1890.

31855 — De la *Société anonyme de Marcinelle et Couillet. Profils des voies sur traverses métalliques en Z fer ou acier, système Willemin.* Charleroi, J. Delacre et Cie, 1890.

31856 — De M. H. Béliard (M. de la S.). *Exposition universelle d'Anvers 1885. Concours international de traction mécanique et de matériel de tramways. Rapport du Jury international.* In-4° de 64 p. Bruxelles, A. Lefèvre, 1886.

31857 — De M. W.-J. Millar. *Transactions of the Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland.* Vol. XXXIII, 1890. Glascow.

31858 — De M. E. Chabrier (M. de la S.). *Les chemins de fer de pénétration. Routes stratégiques en fer.* In-8° de 13 p. Paris, Génie civil, 1890.

31859 à 31866 — De M. E. Bandsept (M. de la S.), *8 brochures qui étaient exposées dans la salle de travail à l'Exposition universelle de 1889.*

31867 — De M. E. Polonceau (M. de la S.), *Les grands tunnels alpins et la chaleur souterraine,* par M. E. Stockalper. In-4° de 32 p. avec pl. Lausanne, L. Vincent, 1883.

31868 — De M. E. Powell, *U. S. Geological survey. First annual report.* Grand in-8°. Washington Government printing office. 1890.

31869 — De M. Parent (M. de la S,), *Congrès international des chemins de*

fer, 3e session, Paris 1889, n° 40. Exposé de la question du principe Compound (article X du questionnaire de la 3e session du Congrès. Bruxelles, Weissenbruch, 1890.

31870 — Du Ministère du Commerce, de l'Industrie et des Colonies, *Album de Statistique graphique*. In-4° italien de 34 planches. Nancy, Berger-Levrault et Cie, 1889.

31871 à 31882 — Du même, *Annuaire statistique de la France*, années 1878 à 1889. 12 volumes grand in-8°. Paris, Imprimerie Nationale, 1878 à 1889.

31883 — De M. E. Léautey, *La Science des comptes mise à la portée de tous*, par MM. Léautey et Guilbault. Grand in-8° de 502 p., 5e édition. Paris, Librairie comptable.

31884 — De l'American Institute of Mining Engineers, *Transactions, vol. XVIII, May 1889 to February 1890*. New-York, Library of the Institute, 1890.

31885 — De M. D.-A. Casalonga (M. de la S.), *De la propriété industrielle garantie par brevets d'invention ou patentes et de quelques-uns des articles des lois ou règlements qui la régissent*. In-8° de 11 p. Paris, Imprimerie de la Chronique Industrielle, 1890.

31886 — De M. Schmidt (M. de la S.), *Association des propriétaires d'appareils à vapeur de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise. Bulletin de l'exercice 1889*. Grand in-8° de 81 pages. Amiens, T. Jeunet, 1890.

31887 — De la Société industrielle de Rouen, *Projet de Paris port de mer. Dire à l'enquête d'utilité publique*. Grand in-8° de 12 pages. Rouen, E. Deshayes, 1890.

31888 — De M. E. Cornut, *Congrès international de mécanique appliquée. Conférence sur les essais des fers, des aciers et les laboratoires de mécanique*. In-8° de 159 p. Lille, L. Danel, 1890.

31889 — De M. R.-H. Thurston (M. de la S.), *Authorities on the Steam-Jacket: Facts, and current Opinion*. In-8° de 40 p. New-York, 1890.

31890 — Du même, *Chimney Draught; Facts and Theories*. In-8° de 35 p. New-York, 1890.

31891 — De M. A. Mallet (M. de la S.), *Les procédés hygiéniques pour les percements des longs tunnels à ciel fermé. Moyens d'aération et de refroidissement*, par M. D. Colladon. In-8° de 14 p. Genève, Schuchardt, 1883.

MÉMOIRES ET MANUSCRITS

2063 — De M. Revin. *Projet de plan incliné pour l'achèvement du canal de Panama*.

2064 — De M. J. Fleury (M. de la S.) *Observations en réponse à la com-*

munication de M. Bert sur les traités de commerce et leur renouvellement.

2065 — De M. G. Leroux (M. de la S.). *Note sur le foyer système Cohen.*

2066 — De M. E. Bert (M. de la S.). *Les Traités de commerce et leur renouvellement. Libre-échange et protection. Réponse à M. Fleury.*

2067 — De M. A. Macler (M. de la S.). *Viaduc de 8 arches de 12* m *d'ouverture, sur l'Oued Ganzia (ligue de Duvivier à Souk-Ahras).*

2068 — De M. Delaurier. *Procédés d'extraction des métaux.*

2069 — De M. Mullet (Claudius). (M. de la S.). *Notes sur le canal d'irrigation de Pierrelatte* (avec planche et types d'ouvrages).

2070 — De M. G. Salomon (M. de la S.). *Analyse de l'ouvrage de M. Gibon sur les accidents du travail dans l'industrie.*

2071 — De M. Gibon (M. de la S.). *Des divers modes de rémunération du travail.*

2072 — De M. Ventre-Bey (M. de la S.). *Note sur la nitrification des koms ou anciens monticules égyptiens.*

2073 — De M. Delaurier. *Nouveaux procédés lumineux pour empêcher les abordages de navires en mer.*

2074 et 2075 — De M. Duvillard (M. de la S.). *Alimentation et assainissement de Paris. Prise d'eau dans le lac de Genève* (texte et plan).

2076 — De M. Rémaury (M. de la S.). *Le Tonkin et ses ressources houillères, principalement dans la concession de l'île de Kébao.*

2077 — De M. Ghercevanof (M. de la S.). *Canaux d'irrigation du Caucase.*

2078 — De M. Dujardin-Baumetz (M. de la S.). *Matériel de l'exploitation des mines à l'Exposition de 1889* (rapport de la commission).

2079 — De M. Lencauchez (M. de la S.). *Des avantages de la haute pression dans les machines compound.*

2080 — De M. Lantrac (M. de la S.). *Notice nécrologique sur M. Félix Moreaux.*

2081 — De M. Thareau (M. de la S.). *Des moyens de prévenir l'emballement des machines à vapeur et d'obtenir l'arrêt rapide des transmissions.*

2082 — De M. de Koning (M. de la S.). *Note sur la question ouvrière dans les Pays-Bas.*

2083 — De M. Monteil (M. de la S.). *État de la question ouvrière en Russie.*

2084 — De M. Bailly (M. de la S.). *Port de Calais. Note sur l'emploi de l'eau sous pression dans les fondations des murs de quai de l'avant-port.*

2085 — De M. Crugnola (M. de la S.). *Les lacs artificiels ou grands réservoirs et barrages.*

2086 — De M. Moreau (Aug.) (M. de la S.). *La Ramie.*

2087 — De MM. Carcenat et Derennes (M. de la S.). *Note sur l'épuration*

préalable de l'eau d'alimentation des locomotives au chemin de fer du Nord.

2088 — De M. Contamin (M. de la S.). *Discours prononcé aux obsèques de M. Ferdinand Mathias.*

2089 — De M. Féraud (M. de la S.). *Note sur le mode de suspension des véhicules considéré au point de vue de la conservation des voies de chemins de fer et tramways.*

2090 — De M. Marcel Delmas (M. de la S.). *Mémoire relatif à un projet de bouche à feu (canon de montagne de 86* mm*).*

2091 — De M. L. Walras. *De l'échange de plusieurs marchandises entre elles.*

2092 — De M. J. Fleury (M. de la S). *Analyse de l'ouvrage de M. F. Moreaux intitulé : Etudes diverses concernant la navigation sur le Rhône et dans les canaux.*

2093 — De M. J.-H. Delaunay (M. de la S.). *Note sur le port de Pasajes (Espagne).*

Les membres nouvellement admis pendant le mois de novembre sont :

Comme membres sociétaires :

MM. F. Bourdet, présenté par MM. Eiffel, Jousselin et Gouin.
E. Comboul, — Contamin, Forest et Chaligny.
A. Souchet, — Le Brun, E. Vallot et H. Vallot.
T.-A. Thomas, — E. Polonceau, Chaussegros et Dutheil.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE NOVEMBRE 1890

Séance du 7 novembre 1890.

PRÉSIDENCE DE M. E. POLONCEAU, VICE-PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'informer la Société de la mort de M. Vander Elst, membre de la Société depuis 1882, directeur de l'Union linière du Nord, décédé à Lille le 29 octobre dernier.

M. LE PRÉSIDENT annonce que M. Goldenberg a été nommé officier de la Légion d'honneur; M. Hardon, chevalier de la Légion d'honneur, et M. Baudet, commandeur du Nicham el Anouar.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir de porter à la connaissance de la Société que notre collègue, M. H. Vallot, abandonne quatre bons du dernier emprunt; MM. Deullin, deux bons, et Joret, deux bons.

M. LE PRÉSIDENT remercie nos collègues de cet acte généreux et fait part du désir exprimé par M. Vallot que la somme représentée par les quatre bons qu'il abandonne soit affectée au compte spécial ouvert pour la construction d'un nouvel hôtel.

M. LE PRÉSIDENT rappelle aussi qu'un certain nombre de bons sont sortis au tirage qui a eu lieu le 20 juin dernier; il prie ceux de nos collègues qui n'en ont pas encore retiré le montant de venir en prendre possession.

Il est donné lecture d'une lettre de M. E. Chabrier, accompagnant l'envoi de sa brochure sur les *Chemins de fer sahariens*. Cette brochure renferme des idées nouvelles sur l'établissement de la voie de ces chemins de fer, qu'il se propose de développer devant la Société.

M. LE PRÉSIDENT annonce à la Société que M. Deharme nous a offert

un exemplaire de la première partie de son ouvrage sur les chemins de fer (voie et superstructure, cours professé à l'École Centrale), et exprime le désir de voir un de nos collègues nous en présenter l'analyse.

M. Muret, géomètre de la Ville de Paris, fait hommage à la Société d'un plan de Paris en relief, qu'il a construit à l'aide des documents inédits de la direction des travaux de la Ville.

M. le Président remercie M. Muret au nom de la Société ; ce relief sera très utilement consulté par ceux de nos collègues qui s'occupent de la question du Métropolitain.

La Société a reçu de M. P.-A.-J. Van den Berghe un pli cacheté relatif à une question d'électricité.

M. le Président annonce que l'ambassade du Brésil à Paris nous a communiqué une note d'un journal brésilien, faisant connaitre qu'en raison du développement de divers travaux, le besoin d'ingénieurs et d'arpenteurs se fait sentir dans ce pays. Des renseignements sont déposés au secrétariat sur ce sujet.

M. le Président rappelle que la famille de M. Alphonse Couvreux a fait don d'une somme de 5 000 *f* à la Société pour la fondation d'un prix. Le Comité, d'accord avec la famille de notre regretté collègue, a arrêté, pour la distribution de ce prix, le règlement ci-après :

Article 1er. — Le Prix Couvreux est décerné, tous les trois ans, à l'auteur d'un appareil ou procédé nouveau appliqué aux travaux publics, ou à l'auteur du meilleur mémoire reçu par la Société et relatif, soit à un appareil ou procédé nouveau appliqué aux travaux publics, soit à la description des chantiers de travaux publics.

Art. 2. — Le prix est représenté par une médaille d'or d'une valeur de 400 *f* ou par une somme équivalente.

Art. 3. — Sont seulement admis à concourir les membres de la Société, pendant les trois ans précédant immédiatement l'exercice où le prix sera décerné.

Art. 4. — Le jury se composera du Président, des quatre Vice-Présidents et de trois membres élus dans la première séance ordinaire du mois de février de l'année où sera décerné le prix.

Art. 5. — Dans le cas où des membres du jury désireraient concourir, ils se récuseront dans cette première séance de février ou, au plus tard, huit jours après l'avis de nomination.

Art. 6. — L'attribution du Prix Couvreux n'exclut pas le lauréat des récompenses à décerner ultérieurement par la Société.

Art. 7. — Le prix pourra être prorogé et, dans ce cas, sera cumulé avec le prix devant être décerné trois ans plus tard. Ce prix sera ainsi doublé.

Art. 8. — Le prix sera décerné dans la séance générale de juin et, pour la première fois, en 1893.

M. le Président informe la Société qu'une Exposition aura lieu en 1893 à Chicago, et une autre en 1891 à Prague (Bohême). Les détails concernant ces Expositions seront donnés ultérieurement.

M. le Président dépose sur le bureau, de la part de notre collègue, *M. J. Meyer, Ingénieur en chef du Jura-Simplon*, une note extrêmement intéressante ***sur la chaleur centrale dans l'intérieur des massifs, sur les difficultés qu'elle occasionne pour les grands percements alpins et sur les moyens d'atténuer ces difficultés.***

Dans cette note, M. J. Meyer commence par énumérer les ouvrages géologiques qui ont traité cette question. Il cite les travaux des divers Ingénieurs qui s'en sont occupés, et, parmi ces travaux, signale la note ayant pour auteur M. de Stockalper, ancien chef de service du Gothard, et dont M. le Président est heureux de pouvoir offrir un exemplaire a la Société.

De ces divers travaux il résulte que la température est influencée d'une façon très notable par la conformation extérieure des montagnes et par la nature des roches, qui sont plus ou moins bonnes conductrices de la chaleur. M. Polonceau signale, en passant, qu'à Durrenberg, en Saxe, un sondage fait à une profondeur de 1 716 *m* a donné une température de 56°,7 seulement.) Il ressort, en outre, des mêmes travaux, que cette chaleur est d'autant plus dangereuse que l'humidité est plus grande et que c'est à elle qu'il faut attribuer les maladies qui ont atteint le personnel du Gothard.

On se trouve là, en résumé, dans des conditions assez semblables à celles de certains pays chauds, dont le climat est si meurtrier.

M. J. Meyer termine sa note par l'examen des différents moyens que l'on possède pour combattre ces températures élevées :

Rafraîchissements par ventilateurs à la pression normale, par projections d'eau pulvérisée et refroidie, par fusion de la glace, par expansion de l'air comprimé.

En m'adressant sa note, dit M. le Président, M. Meyer fait l'observation suivante qu'il me prie de communiquer à la Société :

« M. le professeur Colladon m'envoie une brochure qu'il a publiée à » Genève, en 1883, et qui est intitulée :

» ***Les procédés hygiéniques pour les percements des longs tunnels à ciel*** » ***fermé, moyens d'aération et de refroidissement***, travail présenté au qua- » trième Congrès international d'hygiène et de démographie, tenu à » Genève, du 4 au 9 septembre 1882. — Cette brochure doit avoir été » envoyée par lui à notre Société. — Il y rend compte des expériences » qu'il a faites à cet égard dès 1879 et reproduit un pli cacheté qu'il a » adressé le 24 avril 1880 à M. J. Dumas, secrétaire perpétuel de l'Aca- » démie des sciences.

» Il y est dit entre autres :

» Depuis plusieurs années, j'ai indiqué l'emploi de l'eau fraîche pul- » vérulente lancée dans les cylindres pour refroidir l'air dans les pom- » pes pendant la compression, et j'ai réussi par ce procédé à comprimer » très rapidement à plusieurs atmosphères, de l'air, sans que sa tempé- » rature s'élève à plus de 10° à 15° centigrades, la quantité d'eau injec-

» tée ne représentant que quelques millièmes en volume de celui de l'air
» aspiré par les pompes.

» C'est un procédé analogue que je conseille d'employer pour refroidir
» au besoin l'air dans les tunnels et les parois de ces tunnels.

» Pour cela j'emploierais un tube ayant 0,20 *m* à 0,25 *m* de diamètre,
» contenant une circulation d'eau froide à la température la plus basse
» possible ; cette eau devrait avoir une forte tension, 2 ou 3 atmosphères
» au plus. L'eau s'en échapperait sous forme de jets pulvérulents desti-
» nés à refroidir l'air, à le nettoyer des poussières et à rafraichir les pa-
» rois.

» Au besoin, on percerait un trou de sonde, d'où partirait le tube
» conducteur ; ce trou de sonde percé mécaniquement aboutirait au pla-
» fond du tunnel, et sa garniture intérieure en fonte, tôle, serait liée au
» tube conducteur par un joint étanche solide. On dirigerait une dévia-
» tion du torrent à l'entrée de ce trou de sonde, dont la hauteur verti-
» cale au-dessus du tunnel déterminerait la hauteur de la pression ; des
» robinets munis de leurs pulvérisateurs serviraient à asperger l'air et
» les parois des tunnels. Ils seraient mis en communication avec la
» conduite sous pression par des tubes résistants en caoutchouc.

» L'eau, selon les localités, à la partie supérieure des trous de sonde,
» pourrait être mélangée avec de la glace.

» Un second procédé consisterait à avoir un réservoir en forme de
» chaudière cylindrique porté sur un truck dans le tunnel. Cette chau-
» dière aurait un trou d'homme pour introduire au besoin de la glace.

» La projection de l'eau s'obtiendrait en mettant l'intérieur de la
» chaudière sans pression en communication avec un point quelconque
» de la conduite d'air comprimé.

» Ces procédés, surtout le premier, sont très pratiques, peu compli-
» qués ; ils auraient l'avantage d'atteindre les parties les plus chaudes,
» de fournir en même temps une boisson propre et fraiche aux ouvriers
» et de nettoyer l'air du tunnel tout en le refroidissant. »

Après cette citation de la lettre de M. Colladon, M. Meyer ajoute :

« C'est une satisfaction que je dois à mon vénérable Collègue et ami,
» M. le professeur Colladon. »

Et j'ajouterai, dit M. le Président, que nous aussi nous sommes heureux de la lui donner.

En résumé, en laissant de côté les questions de priorité, qui ne sont, suivant nous, que des choses secondaires, nous trouvons dans cette note très courte, tant elle est bien faite, les renseignements qui permettent de se rendre compte des températures que l'on peut rencontrer lors des percements de grands tunnels et les moyens de combattre ces températures.

On peut presque dire qu'il n'y a pas de montagne, actuellement, où la chaleur souterraine serait un obstacle au percement.

C'est toujours, pensons-nous, avec une certaine satisfaction qu'on voit l'Ingénieur sortir victorieux des difficultés qu'il rencontre dans sa lutte avec la nature.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Chaudy sur une ***Théorie nouvelle de la stabilité des prismes chargés de bout.***

M. Chaudy rappelle d'abord en quoi consiste le problème de la stabilité des prismes chargés de bout : un prisme élastique étant donné, il s'agit de trouver la charge de bout maximum que l'on peut faire supporter à ce prisme en toute sécurité. Il faut entendre ici par sécurité que la charge en question ne peut pas à elle seule produire et faire subsister une flexion du prisme.

Ce problème a été résolu par Navier, mais sa théorie n'est facilement applicable qu'aux prismes à section constante ; pour les prismes à section variable, elle présente de trop sérieuses difficultés d'application pour qu'on puisse en faire usage.

Or les prismes à section variable se rencontrent fréquemment dans les grandes constructions. Il était donc important de rechercher une méthode rationnelle permettant de calculer facilement ces prismes. C'est ce qu'a fait M. Chaudy.

Pour fixer les idées, considérons un prisme vertical à section constante ou variable, libre à son extrémité supérieure et encastré à son extrémité inférieure. Ce prisme sera chargé de bout d'un poids N. Supposons que, sous l'action de ce poids, une flexion se produise et que le sommet du prisme se déplace verticalement d'une longueur u. Le travail produit par la charge N a pour valeur Nu. Désignons par $\mathfrak{T}$ le travail des forces intérieures depuis la position d'origine du prisme jusqu'à sa position fléchie définitive.

M. Chaudy démontre que pour que le prisme ne puisse pas fléchir, il faut que l'on ait :

$$Nu < 2\mathfrak{T} \ (1).$$

Cette équation est l'équation du problème.

Mais la détermination du travail $\mathfrak{T}$ des forces intérieures conduirait, dans le cas d'un prisme à section variable, à des difficultés aussi grandes que celles que l'on rencontre dans la théorie de Navier. M. Chaudy la remplace par une équation plus simple, comme on va le voir.

D'abord il démontre que la flexion d'un prisme sous l'action d'une charge debout peut être regardée comme une flexion produite par des forces perpendiculaires à la ligne moyenne.

Or, on peut obtenir un déplacement vertical u du sommet du prisme d'une infinité de manières par l'emploi de forces perpendiculaires à la ligne moyenne. A chaque flexion caractérisée par le déplacement u correspond un certain travail des forces intérieures. Parmi tous ces travaux il en existe un qui est minimum. Nous le désignons par $\mathfrak{T}_m$ et l'on a, par conséquent :

$$\mathfrak{T}_m < \mathfrak{T} \ (2).$$

Si donc nous écrivons :

$$Nu < 2\,\mathfrak{T}_m \ (3)$$

on aura *a fortiori :*

$$Nu < 2\mathfrak{T}.$$

Il se trouve d'ailleurs que $\mathfrak{T}_m$ est très voisin de $\mathfrak{T}$. L'équation (3) peut donc remplacer l'équation (1). Ce remplacement est avantageux parce que le travail minimum $\mathfrak{T}_m$ est précisément, comme le démontre

M. Chaudy, celui qui résulte de la flexion produite par une force unique p appliquée à l'extrémité libre du prisme perpendiculairement à la fibre moyenne. Si f est la flèche produite, on a :

$$\mathfrak{T}_m = \frac{pf}{2}.$$

Par suite :

$$Nu < pf$$

est l'équation qui donne la valeur cherchée de la charge N et cette équation est très simple à résoudre pour un prisme à section variable.

En terminant, M. Chaudy remercie la Société de l'attention bienveillante qu'elle a bien voulu lui prêter.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Chaudy de sa communication et dit qu'on pourra lire avec grand profit dans le Bulletin son mémoire sur cette question.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Auguste Moreau sur l'*Exposition française de Moscou.*

M. AUGUSTE MOREAU dit que nos collègues ont déjà probablement entendu parler d'une Exposition qui s'organise en ce moment à Paris et doit s'ouvrir l'année prochaine à Moscou. Diverses publications l'ont annoncée, en donnant les noms des organisateurs ; on commence à s'en préoccuper dans la masse du public, mais sans savoir encore exactement de quoi il est question. Il a pensé qu'une Société d'Ingénieurs et d'Industriels comme la nôtre serait heureuse d'avoir des renseignements un peu plus précis à ce sujet, et c'est pour cela qu'il a prié M. le Président Contamin de vouloir bien l'autoriser à prendre la parole ce soir. Il lui doit, d'ailleurs, de sincères remerciements pour avoir bien voulu, vu l'urgence, intercaler sa communication dans le programme déjà si rempli de la soirée.

L'Exposition qui aura lieu en 1891 à Moscou n'est pas une Exposition universelle : elle est exclusivement française. Elle a été autorisée par un ukase impérial du 20 avril, c'est-à-dire du 2 mai 1890, puisque le calendrier russe retarde de 12 jours sur le nôtre. On peut considérer cette autorisation comme un véritable succès diplomatique pour notre pays ; car elle avait déjà été demandée à plusieurs reprises et en vain par d'autres, notamment par des Allemands et des Belges. De plus, S. M. le tsar Alexandre III mettait gracieusement à la disposition du Syndicat, dont M. Watbled, consul de France, était le représentant, le palais de l'ancienne Exposition artistique et industrielle russe de 1882, les réparations nécessitées pour le remettre en état de servir à sa nouvelle destination étant, bien entendu, à la charge des intéressés.

L'idée de l'Exposition, à peine émise, fit rapidement son chemin. L'ukase du tsar l'avait consacrée; mais on comprit rapidement que, pour en assurer le succès, il fallait mettre à sa tête des compétences indiscutées, se préoccuper en même temps des moyens financiers d'exécution, et, enfin, s'assurer le concours de la haute industrie française.

Le 8 août dernier, une Commission composée de MM. Teisserenc de

Bort, Dietz-Monnin, Poirrier, sénateurs; Flourens, Prevet, députés; David Dautresme, ancien chef du Commissariat général en 1889, et Aimé Girard, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers, avait réuni, à l'Hôtel Continental, les principaux représentants du commerce et de l'industrie française, afin d'examiner dans quelles conditions il y avait lieu d'organiser une Exposition française à Moscou en 1891. La réponse des cent cinquante membres présents à cette réunion fut d'inviter la Commission à poursuivre l'organisation de cette Exposition ; et tous s'engagèrent à y envoyer leurs produits, en encourageant leurs confrères à les imiter.

La Commission se mit alors à l'œuvre, et les documents déposés à notre bibliothèque montrent qu'elle n'a pas perdu son temps. On pourra fructueusement consulter les pièces essentielles : règlement général, classification des produits, etc., dans nos archives.

Cette Exposition n'est pas une œuvre officielle : elle n'a que l'appui moral du gouvernement. La Russie, en effet, ne nous a pas convoqués à une Exposition. C'est, au contraire, nous qui lui avons demandé à en faire une chez elle; il n'y avait donc pas lieu de demander pour elle des crédits au gouvernement français.

Le concours financier indispensable fut prêté par MM. Jouanno, banquiers, rue de Richelieu, à Paris, qui ont avancé tous les capitaux nécessaires à la réparation du palais et à l'organisation de tous les services.

Ce qui, en somme, caractérise le plus le travail de la Commission supérieure, c'est qu'elle a transformé en entreprise d'intérêt national cette Exposition, qui devait d'abord être restreinte et d'intérêt particulier.

Cette Commission fut complétée, en outre des noms précédents, par M. Alphand, M. Cousté, président de la Chambre de commerce, et M. Guillotin, président du Tribunal de commerce. Le Bureau se compose de M. Teisserenc de Bort, président; de M. Dietz-Monnin, vice-président, tous deux ayant fait leurs preuves d'une façon brillante en 1878, et de M. David Dautresme, secrétaire général. Tous ceux qui ont participé à l'œuvre de 1889 se rappellent la façon bienveillante et habile dont M. Dautresme s'acquittait des délicates fonctions de chef du Commissariat général.

La Commission supérieure s'est chargée de la partie administrative, du contrôle et de l'ordonnancement de toutes les dépenses. Quant à l'organisation de détail, elle a été calquée sur celle de 1878 et de 1889, par la création de Comités d'admission et d'installation, dont les membres ont été choisis par la Commission supérieure parmi les personnes ayant fait partie des Comités de 1889 ou ayant obtenu les plus hautes récompenses à cette Exposition. Ils sont d'ailleurs composés, en grande partie, de nos collègues.

Au point de vue de l'installation proprement dite, les frais de décoration, de parquetage, de gardiennage, sont à la charge de l'administration, qui demandera pour cela aux exposants une somme ferme par mètre. Il ne restera donc plus, pour ceux-ci, que quelques frais insignifiants pour les dépenses des classes, en dehors de leurs frais personnels d'installation et de transport. Le prix adopté est de 50 *f* par mètre

linéaire ou par mètre carré de surface adossée, et 75 *f* par mètre carré de surface isolée. Les objets exposés pourront être vendus ; mais, alors, les prix précédents seront doublés lorsqu'il y aura vente courante.

Si les recettes de toute nature dépassent 2 millions, — ce qui est tout à fait certain, — un partage des bénéfices aura lieu entre les banquiers et les exposants, qui verront ainsi diminuer leurs frais. Si, par hasard, au contraire, il y avait déficit, — et quelques personnes ont pu se poser cette question, — les banquiers seraient seuls à en supporter les conséquences, sans aucun recours contre les exposants. C'est une chose absolument arrêtée et qui ne doit laisser aucune inquiétude.

M. Auguste Moreau annonce ensuite que l'ouverture de l'Exposition aura lieu le 1er/13 mai 1891, et la fermeture le 15/27 octobre. La franchise en douane est accordée à tous les produits, à condition qu'ils soient réexpédiés en France. Ceux qui seront vendus sur place paieront alors les droits de douane.

Le transport par *voie mixte*, c'est-à-dire, par voie ferrée jusqu'à Dunkerque, par mer de Dunkerque à Libau, et par voie ferrée de Libau à Moscou, reviendra en moyenne à 100 francs par tonne. Certains entrepreneurs se chargent du transport, exclusivement par terre, à raison de 200 francs la tonne.

Ce dernier mode est de beaucoup le plus sûr.

Il n'y aura pas de Jury des récompenses ; comme les Français sont seuls à exposer, sans concurrents étrangers, on a jugé inutile, surtout au lendemain de 1889, de faire parmi eux un classement quelconque.

En réalité, on donnera des récompenses à tout le monde, puisque chaque exposant reviendra avec une médaille commémorative, du choix fait par les Comités d'admission.

Il est bien recommandé aux exposants, de s'efforcer de faire honneur au nom français et, par conséquent, de ne présenter que leurs objets les plus intéressants et les plus remarquables.

D'un autre côté, il est indispensable d'informer les personnes désirant exposer, qu'elles auront intérêt à faire déposer au ministère des finances de Saint-Pétersbourg leurs marques de fabrique ; de cette façon, elles seront armées pour en poursuivre les contrefaçons.

On trouvera dans les pièces précitées déposées à la Société, tous les autres détails concernant cette organisation.

Le classement des produits en neuf groupes est aussi calqué sur celui de 1889.

Celui qui intéresse le plus la Société est le groupe 6, comprenant la mécanique, le Génie civil, les travaux publics.

Cependant, il y a une différence fondamentale avec 1889 : c'est qu'on a groupé les matières premières avec les engins destinés à les mettre en œuvre.

Il en résulte une grande simplification, surtout au point de vue du nombre des classes réduit à 37 au lieu de 83.

M. Auguste Moreau expose ensuite rapidement comment l'on fait l'installation de cette Exposition et le point où en sont actuellement les travaux.

On sait que Moscou, capitale du gouvernement de ce nom, est la seconde ville de la Russie.

Le développement de cette cité a été considérable : elle a plus que doublé depuis trente ans, et elle compte aujourd'hui un million d'habitants. Elle ressemble beaucoup à Paris comme plan ; elle est traversée par la Moskowa, une rivière qui a également à peu près la largeur de la Seine. Seulement le pays est plat et uniformément à la cote de 100 *m* au-dessus du niveau de la mer.

La ville est très étendue parce que les maisons n'y ont toutes qu'un rez-de-chaussée et un étage. Elle a 70 *km* de tour.

Anciennement on y construisait exclusivement en bois : de là vient la grande habileté des charpentiers dans ce pays ; ils exécutent les travaux les plus difficiles, en se servant presque exclusivement de la hache.

Au nord-ouest de la ville, sur la route de Saint-Pétersbourg, au plateau de Petrowski (cote 132 *m*), se trouve le champ de courses et un palais appartenant à l'empereur. C'est là que se tiendra l'Exposition, au champ dit Khodinsky.

Comme nous l'avons déjà dit, le palais a déjà été occupé par l'Exposition russe des Arts industriels, en 1882 ; il avait servi depuis à loger des Cosaques et se trouvait dans un état de délabrement complet. Il ne restait guère que le squelette en fer ; on a dû tout refaire : parquet, vitrage, peinture.

Ce palais est composé de huit pavillons, situés aux sommets d'un octogone.

Chacun d'eux a 60,50 *m* de longueur sur 51,50 *m* de largeur.

L'un d'eux sert d'entrée monumentale ; il est un peu plus grand que les autres et présente un avant-corps ; il jouera le rôle du grand vestibule classique.

Tous ces pavillons sont reliés entre eux à leurs deux extrémités par des galeries de 15 *m* de largeur qui suivent les deux circonférences limites aux extrémités des pavillons.

L'ensemble de la surface couverte ainsi obtenue représente 35 000 *m*. Les huit pavillons représentent environ 25 000 *m* ; le reste appartient aux galeries.

Le tout est situé au milieu d'un parc carré qui a 365 *m* de façade et 330 *m* de profondeur, c'est-à-dire, environ 100 000 *m* de superficie.

On y groupera encore différentes attractions : à gauche, en entrant, un panorama de Poilpot, dont le sujet n'est pas encore arrêté. Un autre panorama du même, au fond, à gauche : il représentera la scène du couronnement du czar.

Tout au fond, des montagnes russes, naturellement. Entre les deux panoramas, le palais impérial, mis gracieusement à la disposition du comité d'organisation, pour donner des réceptions et des fêtes. A droite, en entrant, un grand restaurant ; au fond, à droite, un ballon captif.

Au milieu, dans le grand cercle qui reste vide entre les huit pavillons et qui a 180 *m* de diamètre, un jardin de 20 000 m^2 sera dessiné par M. Alphand et présentera dans son centre des fontaines lumineuses qui seront certainement une grande attraction, comme en 1889.

Quant à la distribution du palais lui-même, en face du grand vestibule classique, à l'autre extrémité du même diamètre, se trouvera le palais des machines et le sanctuaire du groupe VI. A sa gauche, tous les restaurants du palais; à sa droite, tous les théâtres et concerts.

Les deux pavillons de droite et de gauche renfermeront toutes les industries diverses. Quant aux galeries circulaires, elles seront consacrées en grande partie aux beaux-arts.

Au point de vue de l'exécution, tous les projets et travaux d'installation, de réparation, de canalisations d'eau, d'éclairage électrique, etc., ont été confiés à un de nos collègues les plus distingués et les plus sympathiques, bien connu de la Société, M. Berthot.

La partie décorative a été confiée à un architecte, M. Didiot.

Enfin, l'entrepreneur général est M. Pombla, qui a sous-traité avec de nombreux tâcherons russes.

Les différents travaux s'élèvent à 200 000 roubles (le rouble vaut actuellement 3,10 *f*), c'est-à-dire environ 620 000 *f*. Ces travaux sont en pleine activité et plus de 300 ouvriers y sont journellement occupés.

On a commencé par les planchers, qui sont plus difficiles à poser que ne l'étaient les nôtres, en 1889. Là-bas, tous les planchers doivent, en effet, être posés sur pieux battus et grillage, suivant l'usage général en Russie, pour se tenir loin du sol et à l'abri du dégel.

Ce travail est entièrement terminé. On a, en outre, refait la couverture tout en tôle de fer, suivant la mode russe; on a donné la première couche de peinture, qui sera d'un bleu clair, au lieu d'être de nuance brune comme l'ancien palais.

Tous les travaux doivent être terminés vers le mois de février prochain, mais ils sont menés avec assez d'activité pour que les exposants puissent s'installer dès la fin de l'année.

La canalisation des eaux est terminée. La quantité d'eau nécessaire aux divers services sera fournie par un puits qui donnera 250 m^3 en vingt-quatre heures et que l'on creusera à cet effet; un autre puits existant donne 150 m^3, et, sur la canalisation de la ville, on prendra encore 100 m^3, ce qui fait un total de 500 m^3 à dépenser par jour. Pour le pays, c'est considérable, car Moscou est une des villes d'Europe les moins bien partagées sous le rapport de la distribution des eaux. On ne dispose, en ce moment, que de 1 000 000 de védros ou 12 300 000 *l* par jour (1 vedro — 12,3 *l*); à la suite des efforts de la municipalité, cela va être augmenté de 500 000 védros et porté à 1 500 000 védros; les ouvrages d'art sont faits pour suffire à 3 000 000 de védros. L'eau sera montée dans un réservoir, d'où elle se rendra dans une ceinture circulaire de tuyaux timbrés à 9 atmosphères, et, au moyen de pompes toutes prêtes et de trente-deux bouches disséminées dans le palais et ses abords, on se trouvera dans d'excellentes conditions pour arriver à éteindre rapidement tout incendie.

M. Auguste Moreau ajoute qu'il fera plus tard une nouvelle communication sur la force motrice, la production de la vapeur, les installations concernant l'éclairage électrique.

Toutefois, on peut annoncer, dès aujourd'hui, que ces entreprises ont été confiées au sympathique trio bien connu dans les expositions,

MM. Delaunay-Belleville, la Société Centrale de Pantin (Weyher et Richemond) et Edison.

Le mémoire qui sera publié au Bulletin renferme un certain nombre de prix concernant les matériaux et la main-d'œuvre à Moscou. Les matériaux courants sont le bois de sapin et de pin, la brique et le moellon. Mais il ne faut pas songer à employer de bois dur et particulièrement du chêne. Pour en donner une idée, une Compagnie d'éclairage a dû payer un morceau de bois de chêne de $0,200\ m \times 0,070\ m \times 0,100\ m$ la somme excentrique de 7 roubles, c'est-à-dire près de 22 *f* !

En résumé, l'Exposition française de Moscou constitue une entreprise des plus intéressantes à tous les points de vue : elle comprendra toutes les manifestations de l'art français et tous les produits de l'industrie nationale ; elle permettra donc au consommateur russe de se rendre compte de la valeur de nos produits français, trop souvent grossièrement imités par des concurrents étrangers d'une loyauté douteuse et vendus comme produits français.

Le gouvernement français à accordé à cette œuvre toute sa sympathie. M. le Ministre du commerce, en particulier, a bien voulu dire que « son administration verrait avec plaisir réussir une entreprise de nature à ouvrir de nouveaux débouchés à notre industrie et à favoriser le développement des relations commerciales entre la France et la Russie... »

Moscou est le cœur de la Russie, la véritable capitale de l'empire, voisine de Nijni-Novgorod, dont la foire célèbre attire tous les ans une foule innombrable de visiteurs ; elle présente des éléments d'attraction dont ne peuvent que profiter l'industrie et le commerce français. Cette Exposition constitue donc une œuvre utile ; elle établira entre la France et la Russie des relations commerciales plus intimes et plus directes ; elle contribuera peut-être à abaisser certaines barrières douanières, qui sont actuellement un obstacle au développement des échanges, et, comme le disait M. le Président de la République à l'Exposition de 1889, « elle laissera certainement derrière elle des sympathies qui seront un germe fécond semé parmi les peuples, des amitiés plus durables peut-être que des alliances, et qui ne portent en elles que des sentiments de concorde et de paix. »

Il est donc désirable que nos collègues prennent une part active à cette manifestation éminemment patriotique, dont la portée politique peut être considérable ; il dépend d'eux d'assurer le triomphe éclatant de cette belle entreprise, déjà aujourd'hui sûre de son succès.

M. le Président remercie M. Aug. Moreau de sa communication très intéressante, qui est de nature à donner à nos Ingénieurs et à nos industriels le désir d'aller exposer en Russie, pour le plus grand profit des intérêts du commerce et de ceux de la patrie. Cette Exposition est une chose d'autant meilleure qu'elle va faire connaître les produits français à une population qui n'a eu jusqu'ici que peu de rapports avec nous et qui se trouvera à même de les apprécier.

La parole est donnée à M. Dulac pour la discussion des communica-

tions de MM. Périssé, Regnard et Compère, sur *les chaudières à vapeur à l'Exposition de 1889* (1).

M. Dulac met en évidence la nécessité d'une discussion approfondie des mémoires si intéressants déposés par MM. Périssé, Regnard et Compère sur les chaudières à vapeur. Plusieurs faits se sont produits depuis le dépôt de ces rapports. Le Conseil d'hygiène a émis un vote unanime, demandant la suppression de la fumée, émise par les cheminées des usines urbaines, ayant une puissance motrice supérieure à 100 chevaux. Trois explosions consécutives, de chaudières multitubulaires, ont coûté la vie à deux ingénieurs et à cinq ouvriers; enfin la commission des appareils à vapeur doit reviser, à bref délai, le règlement du 30 avril 1880. Cet ensemble de faits donne à la discussion un caractère d'incontestable utilité.

La génération de la vapeur soulève trois questions d'ordre différent : 1° la résistance du métal dans les conditions les plus défavorables; 2° la sécurité pendant le fonctionnement; 3° le rendement.

La résistance, toutes choses égales d'ailleurs, dépend de la forme des parois et du sens dans lequel agit l'effort. Pour les installations fixes, l'Ingénieur, n'étant astreint à aucune considération de poids ou d'emplacement, peut faire choix des formes les plus judicieuses. La sphère et le cylindre intérieurement pressés offrent sur la paroi plane, armée ou entretoisée, l'avantage d'une plus grande résistance et d'une persistance dans la forme infiniment précieuse. Pour obtenir le maximum de sécurité, il faut satisfaire, dans l'étude d'un générateur, aux conditions les plus défavorables. On semble l'avoir oublié. En effet, les parois rougies d'une chaudière en service, privées d'eau partiellement ou totalement, représentent évidemment ce cas, et nous savons qu'entre 200 et 1 000° centigrades, la résistance du métal décroit graduellement jusqu'au 19/20 de la résistance initiale. C'est donc à la faible résistance des parois à cette haute température qu'il conviendrait de limiter la pression pendant la période critique.

Quant au rendement, il est généralement dans la dépendance absolue du chauffeur; sa variabilité est la conséquence d'une disposition du foyer qui admet l'air comburant en raison inverse des besoins.

L'habileté professionnelle de l'ouvrier fait nécessairement varier la perte engendrée par une donnée absurde.

La combustion graduelle, méthodique, de la houille a le considérable avantage de réduire la valeur du coefficient individuel, de supprimer la fumée et de réaliser une importante économie de combustible.

M. Dulac rappelle que les progrès obtenus dans le fonctionnement des soupapes de sûreté, en limitant la surpression, permet d'éliminer cette cause d'explosion. La visite attentive des parois de la chaudière, par des inspecteurs compétents, supprime le risque éventuel dû à l'amincissement du métal, engendré par les corrosions.

Les services rendus dans cette voie par les associations, ont une incon-

(1) Voir le Bulletin de Mai 1890.

testable valeur. Reste donc l'aléa d'une diminution de résistance des parois, causée par le manque d'eau total ou partiel.

Les conséquences de l'explosion sont, pour les dégâts matériels, fonction du volume d'eau surchauffée, contenu dans la chaudière au moment où la paroi s'ouvre.

Il convient de reconnaître que, dans les explosions fréquentes des chaudières multitubulaires, le petit nombre des calories accumulées réduit les dégâts matériels à une valeur négligeable.

Par contre, le capital humain, le plus précieux de tous, reçoit des atteintes plus fréquentes. Eu égard à leur nombre, les chaudières multitubulaires n'auraient dû intervenir que pour sept victimes dans la répartition proportionnelle des accidents, pendant les quatorze années écoulées. La statistique officielle constate que, pendant la même période, les explosions de ces chaudières ont frappé, en France seulement, vingt-neuf victimes. dont quinze sont mortes.

La complexité et le nombre des organes, la rapidité avec laquelle un défaut d'alimentation engendre le danger, le manque d'eau local dans une chaudière régulièrement alimentée, sont les causes évidentes de l'accroissement du risque qui caractérise ce genre de chaudières.

M. Dulac fait remarquer que selon l'emplacement qu'elle occupe dans la chaudière l'eau surchauffée peut diminuer les chances d'explosion ou en aggraver les effets.

Le volume d'eau, placé au-dessus de la paroi exposée à rougir, constitue la plus précieuse des garanties ; la sécurité publique gagnerait évidemment à son accroissement. Au contraire, le volume d'eau placé au-dessous de la paroi exposée à rougir présente un danger suffisant pour justifier toutes les rigueurs d'un règlement administratif.

M. Dulac indique au tableau les emplacements respectifs de l'eau surchauffée, dans les générateurs les plus répandus dans l'industrie. Passant de la chaudière Galloway, qui représente le cube maximum d'eau dangereuse, à la chaudière Krebs, dans laquelle ce cube est réduit au minimum, il conclut à la possibilité de faire complètement disparaître la réserve d'eau placée au-dessous de la paroi exposée à rougir. Appelé à formuler son avis dans un cas d'explosion causé par un manque d'eau local, dans une chaudière multitubulaire, M. Dulac a recherché la cause d'un accident d'autant plus regrettable qu'il donne aux effets de l'explosion, le maximum d'intensité et frappe l'ouvrier dans la pleine sécurité du devoir accompli. C'est selon lui, dans le rapport qui existe entre la section étranglée et la surface de chauffe sous-jacente, qu'il convient de rechercher la cause de ce genre d'accident. M. Dulac définit ce qu'il entend par la section étranglée ; dans les chaudières à gros bouilleurs cet étranglement est représenté par la section des communications qui relient les bouilleurs inférieurs à la chaudière ; dans la chaudière de locomotive cette section est représentée par l'espace intertubulaire de la dernière rangée de tubes ; enfin, dans les chaudières sectionnelles, la section étranglée est placée à la jonction de chaque élément avec le collecteur supérieur.

Or, pour chacune des chaudières, dont l'ensemble forme un tout

homogène, le rapport entre la section étranglée et la surface de chauffe sous-jacente varie entre : 1 : 50 et 1 : 100.

Pour les chaudières multitubulaires ce rapport varie entre : 1 : 1 000 et 1 : 1 500.

Dans les chaudières à tubes d'eau verticalement placés, le rapport entre la longueur et le diamètre de la section d'écoulement varie entre : 1 : 20 et 1 : 40.

Dans les chaudières multitubulaires à tubes horizontaux ou légèrement inclinés, ce rapport varie entre : 1 : 300 et 1 : 500.

Ce n'est pas impunément que l'on réduit des 15/20 ou des 19/20 l'un des rapports dans l'étude d'une chaudière à vapeur. En fait, le mouvement de la masse fluide est la résultante de deux valeurs : l'une positive représente l'écart de densité entre les deux colonnes ascendante et descendante, multiplié par la hauteur de ces colonnes; l'autre négative représente le frottement, multiplié par le carré de la vitesse du courant.

D'où l'équation :

$$M = (D - d) \times H - F \times V^2.$$

Quand la valeur positive est plus grande que la valeur négative, la circulation s'opère normalement ; mais quand la valeur négative équilibre ou dépasse en puissance la valeur positive, il y a une surpression locale et temporaire ; l'eau cesse de pénétrer dans l'élément par l'orifice inférieur. Si le phénomène a une durée et une intensité suffisantes, pour que les tubes inférieurs privés d'eau rougissent, la pression interne restant élevée, ou bien le liquide venant brusquement en contact avec la paroi, il y a explosion.

M. Dulac fait remarquer que la faible production par unité de surface est également due aux proportions anormales de la section étranglée.

On peut dire que l'élasticité de production d'une chaudière à vapeur est fonction de la section réservée à l'écoulement des fluides, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur du générateur.

Pour donner plus de valeur aux arguments qu'il présente, M. Dulac décrit sommairement le générateur inexplosible. Le volume d'eau varie *ad libitum*, mais toute l'eau surchauffée surmonte les parois tubulaires exposées à rougir.

Chacun des tubes débouche directement dans le corps de chaudière : les dilatations sont absolument libres; la calotte de sphère et le cylindre intérieurement pressés sont les formes exclusivement employées. Le chauffage et la combustion sont méthodiques. Toutes les parties internes et externes de ce générateur sont facilement accessibles; un grand joint fusible sépare l'eau surchauffée de l'eau à basse température et constitue une soupape *in extremis* de grande section. Les soupapes de sûreté sont à compensateur de son système; elles limitent la pression avec un écart de 5 0/0. Ces dispositions ont été justifiées à maintes reprises par des manques d'eau non suivis d'explosions.

M. Dulac en cite un exemple survenu, en septembre dernier, à l'une des deux chaudières installées aux portes de Paris, chez l'un des membres de la Société. Le volume d'eau contenue dans chaque chaudière était de 16 000 *l*. Une fausse manœuvre mit en une heure l'une des

chaudières en détresse. Les tubes rougirent, la pression dans les deux chaudières tomba à 2 *ky*, malgré un feu très actif.

Aucun tube ne céda sous la pression; le fond des tubes fut cependant brûlé et leur épaisseur sensiblement réduite. La chaudière, protégée par l'écoulement de l'eau contenue dans les décanteurs, ne souffrit nullement. L'épreuve, faite après l'accident, ne décela aucune fuite; le joint fusible était resté intact.

Dix pour cent des tubes furent remplacés par mesure de prudence. M. Dulac présente à la Société l'un des tubes réformés de cette chaudière.

L'épaisseur du fond a été réduite de 5 *mm* à 1 1/2 *mm*.

Le tube est extérieurement brûlé, mais il a conservé sa forme et son étanchéité. Sur 241 tubes, 5 seulement ont livré passage à un mince filet de vapeur au centre du fond, à l'endroit de la soudure. La chaudière fonctionne, à marche continue et sans observations, depuis cette époque.

M. Dulac met en relief les inconvénients de la combustion sur grille horizontale; il rappelle l'intéressant rapport de M. Regnard sur les foyers à combustion graduelle en service à l'Exposition, la large installation faite à cette Exposition par M. Godillot et les beaux résultats obtenus à la Compagnie d'Orléans par l'application du foyer Ten-Brink aux 1 200 locomotives de cette Compagnie.

Mais si la combustion graduelle de la houille répond aux indications théoriques, sa réalisation donne lieu à des difficultés pratiques. L'inclinaison de la grille ordinaire mettant le combustible en mouvement, provoque la chute des menus dans le cendrier. Si la grille à gradins échappe à cette critique, elle exige le rafraichissement continu des organes par un courant d'eau; l'évaporation de cette eau n'absorbe pas moins de 7 0/0 à 10 0/0 des calories contenues dans le combustible. L'économie réalisée par une combustion plus parfaite est en partie dépensée par des pertes accessoires. La trémie ou l'appareil distributeur, placé devant le foyer, en rend l'accès difficile, sinon impossible.

M. Dulac décrit sommairement une grille dont les gradins, supportant la pression, sont parcourus par un courant d'eau emprunté à la chaudière : ces gradins réunissent les conditions de résistance et d'étanchéité nécessaires à un fonctionnement régulier. Le sas de chargement du combustible, tout en supprimant les rentrées d'air pendant les charges ou le décrassage, découvre au besoin toute la largeur du foyer; il devient possible de stopper rapidement en repoussant le feu jusqu'à l'autel. La fumivorité, un décrassage facile s'opérant par le cendrier, sans déranger le feu, une importante économie de combustible, une production supplémentaire et minimum de 50 *kg* de vapeur par mètre carré de grille et par heure, une durée presque indéfinie de la grille, sont les conséquences d'une disposition qui concilie les indications de la théorie et les exigences de la pratique.

M. le Président remercie M. Dulac de sa communication très intéressante.

A propos de la combustion de la houille, M. E. Polonceau cite ce fait qu'à la Compagnie d'Orléans, il y a vingt-cinq ans, alors qu'on faisait

l'essai des foyers Ten-Brink, on avait édicté pour les mécaniciens un règlement très complet sur l'emploi d'une palette et d'une griffe, pour distribuer convenablement le combustible sur la grille. On faisait surveiller avec soin l'application de ce règlement. On apprit qu'un des machinistes qui employait le nouveau foyer arrivait à de meilleurs résultats que ses collègues comme économie de combustible et régularité de marche ; or, ce machiniste ne faisait nullement usage des instruments réglementaires et laissait le combustible descendre tout seul dans le foyer. C'est aussi l'avis de M. Polonceau qu'il est souvent préférable de laisser le combustible brûler tranquillement.

La séance est levée à onze heures.

Séance du 21 novembre 1890.

PRÉSIDENCE DE M. V. CONTAMIN.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT se trouve dans la triste nécessité d'ouvrir cette séance par l'annonce de la mort d'un collègue très justement aimé et estimé de tous ceux qui l'ont connu, de M. de Komarnicki, sorti de l'École Centrale en 1863 et membre de notre Société depuis 1864. Attaché tout d'abord au bureau des Études de la voie du Chemin de fer du Nord, il a quitté cette Compagnie après y avoir complété son instruction professionnelle et a occupé successivement, en Autriche-Hongrie, les importantes fonctions d'Ingénieur principal du Matériel et de la Traction des Chemins de fer de la Theiss, puis celle d'Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction et de membre du Comité de direction de la Société privilégiée des Chemins de fer de l'État. Il avait conservé de son séjour parmi les Ingénieurs français le meilleur souvenir de notre valeur technique ; il entretenait les relations les plus affectueuses avec ses anciens camarades d'école, et était heureux de toute circonstance lui permettant de témoigner combien notre pays lui était sympathique. La Société partage les regrets causés par la disparition subite de cet homme de bien qui avait su se créer tant de bonnes et cordiales relations parmi nous.

M. LE PRÉSIDENT est heureux, après cet hommage rendu à la mémoire de l'un des nôtres, de pouvoir annoncer la haute distinction accordée à M. le baron Sadoine par le gouvernement français, qui l'a nommé commandeur de la Légion d'honneur. M. le baron Sadoine, qui a dirigé d'une manière si magistrale, pendant de longues années, le plus impor-

tant établissement métallurgique de la Belgique et l'un des plus grands du monde entier, les établissements de Seraing, a contribué pour une large part à la prospérité industrielle de son pays et aidé, dans une puissante mesure, à propager les progrès que l'industrie métallurgique accomplit à pas de géant depuis une vingtaine d'années. Très sympathique à notre pays, dans lequel il a puisé les bases de son instruction professionnelle, il a toujours saisi avec empressement toute occasion lui permettant de témoigner à ses collègues français combien il estimait notre génie national, et applaudissait avec plaisir à nos succès. M. le Président est certain d'être l'interprète de tous ses collègues en adressant au nouveau commandeur les plus vives félicitations de la Société.

Une nouvelle non moins agréable à annoncer est celle concernant la distinction accordée à notre collègue, M. A. Hallopeau, qui vient de recevoir les insignes du Nicham-Iftikar. Le dévouement avec lequel notre excellent collègue a dirigé nos intérêts financiers, l'intérêt de ses belles publications sur les progrès de la grande industrie métallurgique, nous rendent cette nomination tout particulièrement sympathique.

M. le Président remercie, au nom de la Société, M. E.-L. Plichon, qui vient de faire l'abandon de deux Bons du dernier emprunt.

M. le Président fait connaître le texte des concours relatifs aux deux prix Giffard qui restent à décerner en 1893.

Le Prix Giffard afférent à l'année 1890, n'ayant pas été décerné, a été prorogé. Par suite, il sera décerné, en 1893, deux Prix Giffard, d'une valeur de 3 000 *f* chacun.

Les sujets mis au concours sont les suivants :

Prix prorogé de 1890-1893. — *Examen des Progrès réalisés depuis 1878 dans la construction et l'emploi des machines à vapeur fixes, au point de vue de l'utilisation de la vapeur, du rendement mécanique, de l'entretien et de la durée, ainsi que de leur adaptation aux divers besoins de l'industrie.*

Prix de 1893. — *Étude des divers systèmes de chauffage des habitations, écoles, ateliers, magasins et édifices publics.*

MM. Léautey et Guilbault font hommage à la Société d'un exemplaire de leur ouvrage, *la Science des comptes mise à la portée de tous*, qui sera consulté avec intérêt par nos collègues.

Il est donné lecture du télégramme suivant des Ingénieurs de Barcelone :

« Barcelone, 16 novembre 1890.

» Les membres de l'Association des Ingénieurs Industriels de Barce-
» lone et d'autres Ingénieurs espagnols, réunis en un banquet amical,
» envoient un salut cordial à tous leurs collègues de la Société des Ingé-
» nieurs civils.

» Signé : Antonio Sans, Joaquin Arajol. »

M. le Président transmettra à nos sympathiques collègues espagnols les remerciements de la Société.

M. Ghercévanof, directeur de l'Institut Impérial des Voies de communication à Saint-Pétersbourg, écrit pour remercier la Société de l'envoi de cent exemplaires de son Mémoire, inséré dans nos comptes rendus, et il saisit cette occasion pour « témoigner à ses chers collègues de

France son désir de servir de lien entre les Ingénieurs des deux pays, en toute chose qui pourrait intéresser notre Société. »

M. le Président annonce qu'il a reçu de M. Robert, ingénieur du matériel et de la traction des chemins de fer algériens P.-L.-M. une lettre accompagnée d'un croquis et relative au fonctionnement compound des locomotives.

La parole est à M. E. Polonceau, qui désire nous entretenir du Congrès de l'*Iron and Steel Institute*, tenu à New-York en 1890, et du Congrès international de Pittsburg.

M. E. Polonceau s'exprime ainsi :

Messieurs,

Vous savez que la réunion d'automne 1890 de l'Iron and Steel Institut a eu lieu à New-York, et qu'elle a été suivie d'un Congrès international qui s'est tenu à Pittsburg. J'ai eu le regret de ne pouvoir assister a cette réunion et à ce Congrès, mais je crois intéressant de vous signaler les communications les plus marquantes.

M. Andrew Carnegie a souhaité la bienvenue à M. le Président, sir James Kitson, qui, après le discours d'usage, a remis la présidence au nouveau président, élu à l'unanimité pour deux ans, sir Frederik Abel.

Nous signalerons les travaux les plus importants présentés à New-York et à Pittsburg :

M. James Gayley, de Bessemer (Pensylvania), a présenté une note sur le *Développement des hauts fourneaux américains en ce qui concerne spécialement les grandes productions*. Pour un fourneau de 18 200 p. c. de capacité, la production *moyenne* est de 310 *t* par vingt-quatre heures, avec une consommation de 1 920 livres de coke par tonne de fonte produite.

M. Gayley espère qu'on atteindra bientôt 300 000 *t* en trois ans sans refaire la chemise intérieure.

Ces productions considérables paraissent avoir été obtenues par suite de l'insufflation de 25 à 27 000 p. c. d'air par minute, grâce aussi à l'emploi de plaques rafraîchissantes sur les parois et à la position des tuyères.

Ces principes, appliqués aux hauts fourneaux Lucq et autres hauts fourneaux importants américains, ont contribué, depuis 1880, à porter la production de 132 *t* à 310 *t*, et à réduire la consommation de coke par tonne de 2 859 livres à 1 920 livres.

M. le professeur Henry Howe, de Boston, a signalé les grandes productions qui caractérisent le procédé Bessemer en Amérique, la faible teneur en silicium, ainsi que la basse température au début; on arrive à ne souffler dans certains convertisseurs que sept minutes, spécialement parce qu'il y a peu de silicium à chasser. Les soufflages étant courts, il y a peu de chaleur perdue.

Cette rapidité exige une machinerie puissante, ainsi qu'une spécialisation et une division extrême du travail; mais le tout est réalisé sans détriment pour l'économie de la fabrication, ni pour la qualité de la matière produite.

M. R. A. Hadfield, de Sheffield, a présenté sa note sur l'acier d'aluminium, résumant l'historique de ce métal, les procédés de fabrication.

les formes sous lesquelles on l'emploie, ainsi que le caractère propre à chacune.

M. le professeur E. Thompson a présenté une note sur la soudure électrique ; il montre, par des expériences et des exemples, que la soudure d'un métai quelconque se fait par l'électricité mieux que par n'importe quelle autre méthode.

M. C. B. Dudley, chimiste du Pensylvania Railroad Altona, a présenté une note sur l'influence des propriétés physiques et chimiques d'un métal sur son usure.

Cette note traite spécialement des rails d'acier et arrive à cette conclusion, qui, comme l'auteur le dit, est contraire à la croyance générale, qu'à égalité de service l'acier doux entraine une moindre perte de métal que l'acier dur.

Sir Lowthian Bell a fait observer que, comme membre du Comité des locomotives du North Eastern Railway, il était arrivé à se faire une opinion contraire, et que le Comité, en dernier lieu, avait décidé d'augmenter la proportion du carbone pour obtenir une plus grande dureté.

Sir Lowthian Bell a présenté une note sur l'avenir probable de la fabrication du fer ; elle a surtout pour but de condamner définitivement la folie qu'il y a à attendre des procédés directs des résultats réellement pratiques ; sir Lowthian Bell réduit à néant la grande théorie sur laquelle ils reposent, et montre qu'ils ne peuvent, en aucun cas, lutter au point de vue de l'économie, de la sûreté, avec les procédés actuellement en usage.

Sir Nathaniel Barnaby présente une note sur le moyen d'empêcher les bateaux en fer et en acier de couler à fond, par suite d'avaries à la coque.

La sécurité ne dépend que de deux choses : la dimension et la subdivision. L'auteur constate que cette dernière question, la subdivision par l'emploi de cloisons étanches, n'est jamais envisagée avec l'importance qu'elle mériterait, et il montre que des 100 000 tonneaux de bateaux ajoutés l'année dernière sur les registres anglais, il n'en est pas un tiers dont on ne puisse dire qu'ils ont été construits avec des dispositions satisfaisantes à cet égard.

Pour les paquebots, l'avantage qui résulte de la grandeur est tel que l'auteur ignore le point où l'on s'arrêtera. Il estime qu'un bateau ayant :

Longueur.	1 000 pieds,
Largeur	300 »
Puissance de machine	60 000 chevaux,

n'aurait ni roulis, ni tangage, et marcherait à une vitesse de 15 nœuds ; mais il ne le présente pas comme un type à adopter.

M. A. E. Seaton présente une note sur le développement de la machine marine.

Il expose les progrès des quinze dernières années, dus à l'initiave et à l'habileté des fabricants de fer et d'acier, qui surent répondre d'une manière sûre et progressive aux demandes de matières qu'on leur faisait.

Il insiste sur les grands avantages de la triple et quadruple expansion de la vapeur.

Il constate que la vitesse a augmenté de 30 à 40 0/0.

La consommation du charbon par cheval a diminué de 20 à 30 0/0.

Le prix du cheval a diminué de 20 0/0.

La sécurité et le confortable ont été considérablement augmentés.

M. Burdett Loonies, Hartford Conn, expose dans une note les avantages des combustibles gazeux et leurs applications. Le combustible gazeux, dit-il, est inappréciable dans l'industrie et dans la vie privée.

Les sources de gaz naturel exploitées depuis quelques années aux États-Unis ont montré tous les avantages qu'on peut trouver à son emploi. Il faut l'obtenir à bon marché, sans perdre de vue les propriétés calorifiques et éclairantes qu'il doit avoir. M. Loonies préconise pour cela un four de son invention, fonctionnant alternativement comme un gazogène ordinaire et comme un appareil à produire le gaz d'eau.

10 000 p. c. de gaz produits par ce four coûtent 0,50 *f*, la tonne de de charbon coûtant 15 *f*. D'après M. Loonies 20 000 p. c. de ce gaz produisent les mêmes résultats qu'une tonne de charbon brûlée directement dans un foyer. M. Loonies indique plusieurs applications.

MM. Geo, H. Clapp et A. E. Hunt, de Pittsburg, exposent dans un mémoire l'état de la question du contrôle des matériaux de construction aux États-Unis. Dans ce pays, bien des travaux ont été faits avec une grande précipitation en apportant plus de soins au prompt achèvement qu'au choix des matériaux employés. Il n'en est plus ainsi maintenant; presque toutes les Compagnies de chemins de fer ont un service de contrôle bien organisé et dépendant directement de l'ingénieur en chef. Les instruments de mesure et les barêmes employés ont une grande perfection, enfin tous les jours amènent de nouveaux progrès vers l'adoption de cahiers des charges uniformes.

M. James C. Bayle, de Philadelphie, donne la description d'une machine extrêmement ingénieuse pour la fabrication des tubes au moyen d'une bande d'acier enroulée en spirale. Les bords de la bande d'acier doux sont soudés pendant l'enroulement. La chaleur nécessaire est produite au moyen d'un ou plusieurs chalumeaux à hydrogène pur; l'action de ces chalumeaux est concentrée dans un foyer doublé de briques réfractaires, dont le volume n'est pas supérieur à un pied cube. La première idée de cette machine est due à M. Root; mais cet inventeur, malgré ses patientes recherches, ne put atteindre complètement le résultat qu'il désirait, il dut se contenter de river les tubes produits par l'enroulement d'une bande d'acier.

Les successeurs de M. Root comprirent que la solution du problème résidait surtout dans la pureté des éléments en présence, acier et combustible, et obtinrent ainsi un succès complet.

MM. Walter, Crooke, Millon, Cumberland, déposent une note sur les modifications qu'il a fallu faire subir au récupérateur de chaleur pour hauts fourneaux *Massick et Crooke* pour l'adapter aux exigences des États-Unis. Ces modifications ont été surtout nécessitées par la nature des briques réfractaires américaines, dont la dilatation est très grande.

M. J. D. Wecks, de Pittsburg, dépose une note sur les gisements du charbon propre à la fabrication du coke aux Etats-Unis.

M. A. Thielen, directeur des Aciéries du Phénix, à Ruhrort, présente une note sur le procédé de recarburation *Darby*. Ce procédé consiste a

recarburer les aciers obtenus dans les foyers Siemens-Martin ou dans les convertisseurs Bessemer, en les mettant en contact direct avec du carbone. Pour produire ce contact on fait couler l'acier sortant du foyer ou du convertisseur sur du graphite, du charbon de bois ou du coke en poudre. L'opération est extrêmement simple et peu coûteuse, elle présente donc de grands avantages sur l'emploi du Speigel Eisen. C'est surtout pour les aciers obtenus avec les minerais phosphoreux que les avantages du procédé Darby sont considérables. On sait, en effet, que la présence des scories rend extrêmement difficile la recarburation de ces aciers au moyen du Speigel Eisen. Il est au contraire extrêmement facile de donner aux aciers déphosphorés sur sole ou au convertisseur par le procédé Darby toutes les teneurs en carbone qu'on peut désirer, même au-delà de 0,9 0/0, et cela avec une précision assez grande pour que le dosage ne varie pas de plus de 0,01 à 0,02 0/0. L'addition d'une petite quantité d'aluminium (0,04 0/0) rend les lingots parfaitement exempts de soufflures et utilisables pour la fabrication des bandages.

M. le Dr Herman Wedding, de Berlin, présente un mémoire très important sur le développement de la métallurgie du fer et de l'acier en Allemagne depuis 1876, et particulièrement du procédé basique.

M. Edmond C. Pechin donne un exposé très intéressant des ressources minérales de la Virginie et de la transformation que subit actuellement la métallurgie dans cet Etat.

La Virginie, où l'on trouve maintenant plusieurs hauts-fourneaux au coke très importants, ne possédait, jusqu'à ces dernières années, que quelques hauts-fourneaux au bois produisant, il est vrai, les fontes les plus recherchées pour la fabrication des roues de wagons.

D'autres mémoires ont été, croyons-nous, lus ou considérés comme lus ; mais nous avons dû restreindre notre résumé et, dans certains cas, nous manquions de renseignements assez précis.

M. le Président remercie M. Polonceau de la communication qu'il vient de faire et de l'intérêt qu'elle a présenté.

M. Gruner a la parole pour sa communication sur les *Expositions de Bohême (1891) et de Chicago (1893)*.

Dans la dernière séance, dit M. Gruner, l'un de nos collègues nous entretenait d'une entreprise patriotique destinée à faire connaitre l'industrie française dans le centre même de la Russie, à Moscou.

Aujourd'hui je dois vous parler de deux expositions étrangères qui méritent à plus d'un titre d'attirer notre attention.

Exposition générale du Royaume de Bohême en 1891

Le royaume de Bohême se prépare à célébrer dans quelques mois le centenaire de la première exposition industrielle du Continent à Prague en 1791 ; cette exposition, essentiellement nationale dans la plupart de ses sections, durera du mois de mai au mois de novembre. Elle montrera ce qu'une longue période de paix et de prospérité a fait de ce pays, où l'agriculture et l'industrie se sont développées simultanément avec la plus grande rapidité.

Deux expositions sont, en réalité, organisées l'une à côté de l'autre :

L'une, temporaire, fera défiler successivement tous les produits agricoles

et horticoles, et fera connaitre l'état de l'élevage de tous les animaux domestiques;

L'autre, permanente, ne comprendra pas moins de vingt-sept sections. et permettra au visiteur de se rendre compte de l'état actuel de toutes les industries, du développement des lettres, des sciences et des arts, des résultats obtenus par les commissions d'hygiène, et autres institutions de cette nation.

Signe très caractéristique de l'époque où nous vivons: tandis que le peuple de Bohême entend prouver, dans vingt-six sections, ce qu'il est, ce qu'il produit, ce qu'il a réalisé de progrès depuis cent ans, il convie tous les pays étrangers à venir, dans une vingt-septième section, exposer:

1° Les appareils pour prévenir les accidents dans les ateliers et usines:

2° Les brevets, inventions et marques de propriété industrielle en général.

Après les expositions spéciales relatives aux accidents de travail de Berlin en 1889, et d'Amsterdam en 1890, voici donc une troisième exposition internationale relative au même sujet, juxtaposée à l'exposition nationale du royaume de Bohême. C'est à cette vingt-septième section que le comité d'organisation convoque tous les ingénieurs et industriels français; il se souvient de tout ce que contenait la section d'économie sociale de notre Exposition de 1889, et, dans une lettre des plus pressantes, l'un des membres du Comité, M. Arthur Gobiet, nous invitait, il y a quelques jours, à participer à cette exposition en insistant sur ce que, « vu la sympathie des Français pour la nation tchèque, il compte » que les adhésions de votre pays seront très nombreuses ».

Cet appel sera, nous n'en doutons pas, entendu, et nos diverses associations pour prévenir les accidents, de Mulhouse, de Paris, de Rouen, le comité permanent du Congrès des accidents du travail, la Société de protection des apprentis, et beaucoup de vos collègues qui consacrent leur vie et leur activité aux questions d'hygiène et de sécurité, tiendront à montrer à Prague ce que fait la France dans cette voie où depuis bien des années elle s'est engagée avec succès (1).

Cette section *des moyens de prévenir les accidents* contiendra les machines, appareils, instruments, matières, modèles, dessins, plans, photographies, descriptions et publications relatifs aux moyens de les éviter.

A côté se trouvera une seconde division de cette même section, relative *aux inventions nouvelles* ou *brevetées;* tous les objets qui peuvent être protégés par les lois de brevets, dessins et marques de fabriques, trouveront place dans cette partie de l'exposition.

Fermée aux produits industriels courants, qui peuvent être considérés comme connus, l'exposition ouvre donc une porte spéciale aux inventeurs et les convie à venir montrer ce qui a fait l'objet de leurs recherches et de leurs travaux depuis une quinzaine d'années.

Beaucoup de nos collègues pourraient aussi répondre à cet appel, et chercher à faire connaitre leurs inventions en s'inscrivant dans cette sec-

(1) Les demandes d'admission devront être adressées avant le 1er janvier 1891; le Comité exécutif a choisi comme délégué officiel pour la France, M. Auguste Meulemans, (1, rue Lafayette), et M. Arthur Gobiet, membre du Comité à Prague, est désigné comme représentant officiel des exposants étrangers (Prague-Karolinenthal).

tion spéciale. A eux de représenter dignement la France à côté des autres pays étrangers.

EXPOSITION UNIVERSELLE INTERNATIONALE DE CHICAGO EN 1893.

L'approche du quatre centième anniversaire de la découverte de l'Amérique par Christophe Colomb avait attiré l'attention générale aux États-Unis; la pensée de fêter dignement cette date mémorable était exprimée de tous côtés. Les préparatifs grandioses de notre Exposition du Centenaire à Paris, puis son brillant succès fixèrent les idées sur une fête du même genre.

Mais où tenir ces grandes assises du monde américain? Dès le premier moment deux villes, New-York et Chicago, se disputèrent l'honneur de recevoir le monde entier; le Congrès devait décider entre les divers compétiteurs. Pour enlever le vote, la grande ville commerciale et industrielle de l'Ouest souscrivit un fonds de garantie de 10 millions de dollars; les représentants de l'Illinois prirent l'engagement solennel en séance du Congrès de fournir un emplacement suffisant remplissant toutes les conditions voulues. Ils promirent de ne reculer devant aucun sacrifice pour préparer une exposition digne du Nouveau Monde.

Par un acte en date du 25 avril 1890, le Congrès des États-Unis décida que l'anniversaire de la découverte de l'Amérique serait célébré par une exposition montrant les ressources des États-Unis, leur développement et le progrès de la civilisation dans le Nouveau Monde; il ajouta que l'exposition serait à la fois nationale et internationale et désigna Chicago, la grande Métropole de l'Illinois, pour siège de cette exposition.

Le même acte nommait des commissaires généraux et, pour chaque État ou territoire, deux commissaires et deux commissaires adjoints. Ces commissaires se sont aussitôt groupés en 21 comités permanents : comité exécutif, comité judiciaire, comités des tarifs et transports, des affaires étrangères, des beaux-arts, des sciences et de l'éducation, de l'agriculture, des finances, des cérémonies, des manufactures, du commerce, des mines et de la métallurgie, des pêcheries, de l'électricité, des forêts, des machines, des congrès internationaux, etc.

De leur côté les habitants de Chicago qui ont souscrit le capital de garantie de 10 millions de dollars ont nommé une commission de l'Exposition de 45 membres; cette commission, subdivisée en un certain nombre de sous-commissions est spécialement appelée à préparer l'installation et les réceptions.

L'emplacement était la plus grave des questions; il fallait prévoir 40 à 50000 exposants, peut-être plus; et donner à toutes les attractions une large place pour se développer.

Aucun espace assez vaste n'existait pour grouper toute l'exposition; on s'est décidé à la répartir en trois parcs, dont deux sont situés le long du lac Michigan, le Lake Front-Park et le Jackson-Park, et un troisième est plus élevé (le Washington-Park). Le Lake Front-Park, situé au cœur même de la ville est une longue bande de terrain, d'une superficie d'environ 13 *ha* en bordure le long du lac Michigan.

Pour augmenter cet emplacement on projette d'installer de nombreux

bâtiments sur le lac lui-même de sorte qu'on arriverait à une superficie totale utilisable de 24 *ha*. C'est là que seraient les constructions les plus importantes (exposition du gouvernement des États-Unis, expositions d'electricité et des machines spéciales, exposition des beaux-arts).

La partie la plus vaste, de beaucoup, de l'Exposition, celle où se trouveront les industries diverses, où s'étaleront les attractions les plus variées est plus éloigné du centre, à plus de 10 *km*. Elle est formée par les deux parcs Washington et Jackson qui sont réunis par une longue promenade sous le nom de Midway Plaisance. Ces trois parcs ont une superficie totale de près de 400 *ha*, de sorte que la ville de Chicago met en totalité une superficie de plus de 420 *ha* à la disposition de la commission de l'Exposition, soit une superficie cinq à six fois plus considérable que celle de notre dernière exposition.

Une ligne ferrée à quatre et, sur une partie du parcours, à six voies relie entre eux, ces deux centres de l'Exposition ; et il ne faudra pas plus de dix minutes de chemin de fer pour passer du Lake Front-Park aux autres parcs.

Ce que seront les batiments, il est difficile encore de le dire. La lettre de MM. Burnham et Root, les architectectes officiels, en date du 4 octobre, que nous avons eue sous les yeux ne donne que des indications très sommaires.

Les demandes d'admission ne sont pas encore arrivées d'une façon assez générale pour qu'on puisse prendre des décisions définitives. Cependant ces architectes estimaient à cette date que les deux bâtiments centraux contenant l'un, l'exposition générale, l'autre, l'exposition des machines, devraient couvrir, l'un 16 *ha* et l'autre 12 *ha*; que le bâtiment des beaux-arts devrait avoir une étendue au moins égale et plutôt même supérieure à celui destiné au même usage à l'Exposition de Paris; que les bâtiments des Arts libéraux devraient couvrir environ 4 *ha* et que les bâtiments spéciaux devraient être destinés aux machines électriques et à toutes les applications de l'électricité ; ces bâtiments devraient d'ailleurs dépasser en importance tout ce qui s'est fait dans les expositions antérieures.

Les deux classes des machines locomotives et du matériel des chemins de fer paraissent devoir demander des surfaces couvertes extrêmement étendues.

Il y aura d'ailleurs une série d'autres bâtiments spéciaux, sans compter les pavillons plus ou moins étendus que chacun des pays étrangers et plusieurs, sinon chacun, des Etats de la Confédération se réserveront de construire.

L'exposition d'agriculture et d'animaux vivants promet de prendre une importance absolument inconnue, disent les architectes.

Le gouvernement fédéral groupera dans une exposition agricole et minière tout ce que l'Amérique pourra montrer de merveilles dans tous les genres. Enfin, dominant toute l'exposition, s'élèvera un monument colossal qui symbolisera l'œuvre entière.

Que sera ce monument ? Nous ne croyons pas qu'une décision définitive ait été prise à cet égard. Les Américains tiennent à nous étonner autant par la rapidité de l'exécution de cette œuvre que par la grandeur

de sa conception. Nous aurons certainement avant peu à reparler de cette œuvre dont on nous fait pressentir la grandeur sinon la beauté inattendue.

Vous le voyez, Messieurs, l'Amérique nous promet pour 1893 une exposition qui écrasera par sa grandeur tout ce qui aura été fait jusqu'alors, et nous ne pouvons douter que tout un monde inconnu apparaitra aux yeux de ceux qui seront assez heureux pour répondre aux invitations qui sont adressées à tous les Ingénieurs étrangers. Les congrès internationaux sont en effet déjà en préparation, et notre collègue et correspondant, M. Corthell, par les soins duquel nous avons reçu la plupart des documents auxquels nous avons eu recours, a bien voulu déjà représenter la Société des Ingénieurs Civils de France aux réunions constitutives des 14 et 15 octobre 1890 du Congrès international des Ingénieurs civils.

Il a été décidé dans ces réunions qu'il serait construit à Chicago un vaste local destiné à servir de quartier général à tous les Ingénieurs des Etats-Unis et du Canada, ainsi qu'à tous leurs collègues étrangers.

Le secrétaire général sera assisté de secrétaires adjoints parlant les principales langues étrangères ; tout ce personnel sera à la disposition des Ingénieurs pour les guider dans leurs installations, pour les renseigner sur l'exposition et sur l'industrie américaine en général. Dès maintenant un premier fonds de 50 000 *f* est en voie de formation pour les premiers travaux. Pendant la période de l'exposition se tiendra — en anglais — un congrès international des Ingénieurs. Ce congrès se subdivisera en sections : mécanique, mines, métallurgie, électricité, art militaire, constructions navales, génie civil, etc. Le congrès ne durera que six jours. Le bureau de chaque section sera constitué à l'avance, et sous la direction de ce bureau seront préparées les communications à présenter ; toute communication sera examinée, et, si elle parait acceptable, sera imprimée et distribuée à l'avance ; autant que possible les mémoires purement spéculatifs seront écartés, et on admettra de préférence les mémoires relatifs aux inventions et constructions nouvelles, aux méthodes, procédés et expériences récentes. Une attention spéciale sera portée sur les questions d'essais et de mesures. Dès maintenant a été constitué un comité d'organisation de sept membres, dont fait partie notre collègue et correspondant M. E.-L. Cortthell. Nous ne saurions finir cet exposé sans le remercier très vivement des nombreux et importants renseignements qu'il vous a transmis, et sans lui exprimer l'intérêt avec lequel nous suivrons le développement de cette grande œuvre, par les documents qu'il voudra bien nous adresser, en attendant que nous puissions les uns ou les autres aller admirer toutes les merveilles que nous réservera le Nouveau Monde en 1893.

M. le Président constate l'intérêt avec lequel on a écouté l'intéressante communication de M. Gruner. La Société sera certainement touchée des sentiments de sympathie que les Tchèques et les Bohémiens veulent bien nous témoigner à cette occasion. On ne peut aussi qu'applaudir au projet des Ingénieurs américains et souhaiter de voir notre pays participer dans la plus large mesure possible aux deux expositions annoncées.

La parole est à M. L. Appert pour sa communication sur un *Nouveau*

procédé de moulage du verre, basé sur l'étude des phénomènes de malléabilité.

M. Appert, avant d'entretenir la Société du procédé de moulage du verre, dont il a demandé à lui faire la description, croit nécessaire de rappeler quelques-unes des propriétés des verres en général.

On sait que l'acide silicique, l'acide borique, l'acide phosphorique et le fluor mis en contact avec une ou plusieurs des bases minérales connues et en proportions définies ou non définies, sont susceptibles de se combiner avec elles à une température pouvant varier de 600 à 1 600° en donnant naissance à des corps colloïdes nouveaux, fluides à la température à laquelle la combinaison s'est opérée et auxquels on a donné le nom de *verres*.

Ces corps transparents, durs, inattaquables à l'eau et aux acides, d'une cassure particulière appelée *cassure vitreuse*, sont doués de propriétés spéciales connues et utilisées depuis les temps les plus reculés et qui leur ont permis de répondre aux besoins les plus divers qu'a créés la civilisation.

Une de ces propriétés, et sans contredit l'une des plus importantes, est la faculté que possède le verre, quand il a été fondu, de passer en se refroidissant de l'état liquide à l'état solide en prenant l'état pâteux et en se comportant, pendant la durée de ce refroidissement, comme un corps plastique susceptible de revêtir toutes les formes qu'on veut bien lui donner. Cette propriété, comparable à celles que possèdent certains métaux et auxquelles on a donné le nom de *malléabilité* et de *ductilité*, peut être rendue au verre d'une façon presque indéfinie par un simple réchauffage qui le ramène à la température convenable; il reprend alors toutes les qualités qu'il avait perdues et se comporte d'une façon identique à celle sous laquelle il avait été utilisé une première fois.

La malléabilité d'un verre varie avec la quantité de chaleur qui lui a été fournie et avec la température à laquelle il est porté. Mais cette malléabilité, toujours la même pour un verre de même composition, est différente d'un verre à l'autre : pour certains d'entre eux, l'état plastique persiste pendant un temps relativement long et entre des températures assez éloignées l'une de l'autre; elle diminue d'une façon progressive et proportionnellement à la série des températures par lesquelles ils passent; ce sont les verres *malléables* d'une mise en œuvre facile; pour d'autres, cet état plastique ne subsiste, au contraire, qu'entre des températures dont l'écart est très limité, et quoique sans cristallisation apparente, il cesse d'une façon brusque et presque subite; ce sont les verres *peu malléables* et, comme disent les ouvriers, *sauvages*. Ces verres sont toujours d'un façonnage imparfait dès que le volume des pièces en travail devient un peu considérable.

Cette propriété n'est que peu influencée par la fusibilité du verre, avec laquelle il ne faut pas la confondre. Toutefois, les verres acides sont moins malléables que les verres basiques, toutes choses égales d'ailleurs. Il en est de même en ce qui concerne le poids spécifique, qui paraît n'avoir aucune influence appréciable sur leur malléabilité.

Enfin, cette propriété varie non seulement avec la nature des bases

composantes, mais encore suivant leur nombre et leurs proportions relatives.

Les verres à bases alcalines, potasse, soude ou lithine, sont les plus malléables de tous. La présence même de l'une de ces bases est une condition indispensable pour que cette propriété existe dans le verre d'une façon suffisante pour être façonné. L'addition de la chaux et de l'oxyde de plomb en proportions convenables ne fait qu'accentuer cette propriété, tandis que l'introduction d'autres bases, et en particulier des bases terreuses, telles que l'alumine, la magnésie, la baryte, la strontiane, ainsi que certains oxydes métalliques, comme l'oxyde de zinc, le protoxyde de fer, l'oxyde de fer magnétique, le bioxyde de cuivre, donnent des verres de malléabilité médiocre, d'un travail difficile et même quelquefois impossible.

Ces différences très tranchées dans la manière dont se comportent les verres en se refroidissant sont peu connues des savants et n'ont pas été étudiées quant à leurs causes; elles n'ont reçu jusqu'ici aucune explication théorique de quelque valeur; on en constate industriellement les effets et on cherche le plus souvent à en éviter la manifestation par une modification dans la composition des mélanges vitrifiables; mais, d'autres fois, au contraire, on les utilise avec avantage, comme dans la fabrications des bouteilles, pour laquelle cette propriété de solidification presque instantanée permet une production plus rapide et une facilité de recuisson susceptibles d'influer d'une façon importante sur leur prix de revient; il en est de même pour la fabrication des tubes pour les analyses organiques et les appareils en verre pour prise de densité à haute température, qu'on doit pouvoir porter au rouge sans déformation.

En résumé, la malléabilité d'un verre peut être estimée en valeur relative par une expression numérique qui serait un facteur de la différence $t - t'$, t et t' étant les températures extrêmes auxquelles cette propriété commence et où elle finit.

On peut voir par cet aperçu que, en tenant compte des observations précédentes, il sera toujours possible de produire un verre dont la composition soit telle qu'il possède les qualités particulières requises pour la confection d'objets de formes et de dimensions déterminées. On n'a pas à sa disposition les mêmes facilités en ce qui concerne les procédés de fabrication dont les moyens sont limités et dont l'insuffisance se fait sentir à chaque instant pour la production d'un grand nombre d'objets.

Pour répondre à ces besoins, M. Appert a été amené à imaginer le procédé de fabrication dont suit la description.

Tous les procédés de mise en œuvre du verre sont basés sur l'utilisation des propriétés signalées plus haut : soit en effet qu'on emploie le procédé du soufflage le plus anciennement connu et pratiqué et au moyen duquel on rend au verre, par des réchauffages successifs, la plasticité qui lui est nécessaire et qu'il perd progressivement à chaque instant par son refroidissement, soit qu'on emploie le procédé du moulage dans lequel on utilise la chaleur accumulée dans le verre sortant du creuset en lui imprimant, d'une façon instantanée, sa forme définitive, c'est toujours à cette propriété précieuse de malléabilité qu'on a recours.

On comprend que ce dernier procédé de moulage soit le plus écono-

mique et il semblerait devoir permettre la confection d'objets de dimensions quelconques, mais, par la façon dont on opère, il n'est possible de produire que des pièces de petites dimensions ou des pièces peu profondes et de faible longueur. Même pour la confection de ces objets, il faut un effort mécanique relativement considérable, 50 *kg* environ par centimètre carré, d'autant plus pénible et coûteux à obtenir, qu'il est presque exclusivement produit à bras d'homme, les engins mecaniques étant proscrits des halles de verrerie par suite des dangers qu'ils présentent au milieu d'un personnel nombreux et toujours en mouvement.

Le procédé de moulage ordinaire a, en effet, l'inconvénient d'emprisonner le verre qui a été versé dans le moule entre deux surfaces métalliques relativement froides, la face intérieure du moule et la face extérieure du noyau, et, en le refroidissant, d'amener très rapidement la suppression de sa plasticité, rendant ainsi inefficace toute action mécanique quelles qu'en soient l'énergie et la rapidité d'application.

Un troisième procédé employé uniquement pour la fabrication des glaces et des verres de toiture permet de produire, sous forme de lames ou de feuilles d'épaisseur variée, moulées ou non sur une face, des pièces de verre de dimensions quelconques pouvant aller, comme on l'a vu à l'Exposition universelle de 1889, à près de 40 m^2 de surface et du poids de 1 500 *kg* et plus.

C'est par l'étude attentive des conditions dans lesquelles fonctionnait ce procédé inventé il y a deux cents ans par Lucas de Nehou, que M. Appert a été amené à imaginer celui qu'il va décrire et qui est applicable à la fabrication de toute espèce de pieces ouvertes ou fermées, de forme quelconque. Il permet, en particulier, ce qui a été impossible jusqu'ici, de produire facilement et économiquement des pièces de toute longueur ou profondeur et de faible épaisseur, tout en n'exigeant qu'un effort mécanique modéré s'exerçant d'une façon lente et progressive.

La caractéristique de ce procédé consiste : 1° à n'effectuer le moulage que successivement en n'agissant à chaque instant que sur une surface aussi limitée que possible ; 2° à disposer les appareils de façon à conserver au verre sortant du four de fusion la chaleur qui lui a été communiquée, de façon à agir pendant toute la durée de l'opération sur du verre à même température et, par suite, dans le même état de malléabilité.

Voici comment on procède : on emploie un moule métallique d'épaisseur suffisante, armé de nervures destinées à en empêcher la déformation. Ce moule s'ouvre en deux parties juxtaposées sur la hauteur et en deux ou trois parties sur la largeur au moyen de charnières. La partie inférieure du moule étant fermée, sa capacité doit être telle que, étant remplie, elle contienne la quantité de verre nécessaire pour faire l'ensemble de la pièce. Le moule, ouvert à ses deux extrémités pour les pièces ouvertes elles-mêmes des deux bouts, est obturé à sa partie inférieure au moment du moulage par un noyau conique d'un diamètre inférieur à celui du moule, de façon à former l'épaisseur de la pièce.

On verse le verre dans le moule, on en ferme la partie supérieure, laissée ouverte jusque-là, et on imprime avec la vitesse voulue un

mouvement d'ascension au noyau qui, pour cela, est monté sur une tige en fer ou en fonte tournée qui le guide dans l'axe du moule.

Ce mouvement est produit par un moyen mécanique quelconque, par de l'air ou de l'eau sous pression, ou de la vapeur.

La durée du moulage est extrêmement courte et varie suivant la nature du verre et la dimension des pièces.

S'il y a excédent de verre, il est refoulé en dehors du moule et reste en masse refroidie sur le noyau qu'on continue à faire monter et qu'on a soin de faire émerger en dehors et au-dessus du moule; il est alors séparé de la pièce fabriquée par un étirage qui se produit au moment du passage du noyau dans une bague de diamètre un peu supérieur ajoutée sur le moule quand celui-ci a été fermé. Le noyau est immobilisé et séparé de la tige qui le porte par une sorte de verrou ; la tige seule redescend dans l'intérieur de la pièce définitivement terminée, d'un mouvement rapide, de façon à permettre le démoulage.

A chaque opération le noyau chaud est remplacé par un noyau froid de mêmes dimensions.

Pour obtenir des pièces égales d'épaisseur, et égales entre elles, il est nécessaire que les conditions dans lesquelles s'opère le moulage soient identiques; c'est ce qui arrive en effet, puisque, étant admis que le verre puisé dans le four est à la même température, le moule lui-même reste dans un état d'équilibre sensiblement constant, que le noyau, qui estrenouvelé à chaque opération, est toujours froid, et que la vitesse d'ascension du noyau est toujours la même. Quand la pièce est fermée d'un bout, le noyau est de forme tronconique ou en forme de pyramide tronquée pour permettre le démoulage quand l'opération est terminée. Le fond en est refroidi par un courant d'eau circulant intérieurement.

Il est à remarquer que dans ce procédé le moulage se produit non par le noyau métallique lui-même, mais par un noyau en verre qui se forme instantanément sur le noyau métallique au moment où celui-ci y a été versé. Suivant donc l'état de malléabilité du verre et la rapidité avec laquelle sa composition lui permettra de se refroidir, ce noyau artificiel sera d'un diamètre plus ou moins grand et l'épaisseur de la pièce de dimensions en rapport avec ce diamètre. Une des conséquences de cette formation de noyau artificiel, c'est que l'intérieur des pièces moulées est lisse et poli, et qu'il ne porte aucune trace du noyau qui l'a formé. Le dehors de la pièce moulée, au contraire, épouse toutes les formes et les dessins en creux ou en relief qui ont pu être tracés sur la partie intérieure du moule; aussi, quand ces pièces sont des tubes ou tuyaux, sont-elles très propres à faciliter la conduite des fluides ou des liquides, en réduisant au minimum les pertes de charge.

Ce procédé de moulage permet évidemment la fabrication de pièces de dimensions illimitées, et on peut, en effet, par ce procédé, fabriquer facilement et économiquement des pièces d'une longueur de 1 et 2 *m* et plus.

Le verre employé pour la fabrication des glaces contenant en moyenne 15 0/0 de chaux caustique, répond très bien aux besoins de cette fabrication; sa fluidité est grande, sa malléabilité suffisante et son refroidissement rapide; sa grande résistance à l'action des agents de toute nature ne fait qu'augmenter ses qualités.

Ce procédé n'exige pas l'emploi d'ouvriers spéciaux, de simples manœuvres suffisent pour le mettre en action, aussi est-il extrêmement économique et appelé à rendre des services de toute nature à l'hygiène et à l'industrie, en rendant encore plus général l'emploi du verre que recommandent son bas prix et ses nombreuses qualités.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Appert de nous avoir donné la primeur d'un procédé de fabrication tout nouveau, appelé à un grand succès.

L'ordre du jour appelle la communication de M. J. Fleury sur le *Congrès de navigation de Manchester.*

M. J. FLEURY dit que l'époque est aux congrès, et il fait ressortir l'utilité de ces réunions d'hommes spéciaux, l'excellent résultat moral qui en découle, et les aspirations pacifiques qu'elles entretiennent.

Il en a été ainsi du congrès de navigation réuni au mois de juillet dernier à Manchester. La grande cité industrielle qui entendit jadis les voix autorisées de Cobden, de Fox, de Bright, ces apôtres de la liberté des échanges, avait tenu à honneur de recevoir dignement les membres du congrès, auxquels sir Michaël Hicks Beach, au nom du gouvernement anglais, a souhaité la bienvenue. La France comptait une quarantaine de représentants, parmi lesquels M. Voisin-Bey, ancien directeur général des travaux du canal de Suez, le vice-président et l'un des membres de la Chambre de commerce de Paris, etc.

M. J. Fleury donne un résumé succinct des diverses questions qui ont été traitées par le congrès. La question primordiale de l'*utilité des voies navigables* à l'intérieur d'un pays, s'est trouvée cette fois appuyée de considérations déterminantes, s'ajoutant fort heureusement à ce qui avait été dit dans les congrès antérieurs. Les orateurs ont su trouver des arguments péremptoires pour répondre à ceux qui affirment que le canal et le chemin de fer ne sauraient coexister, que ceci a tué cela. Déjà, à Vienne, M. von Sympher, ingénieur de Berlin, dans un travail très étudié, avait examiné comparativement les frais de transport sur les voies d'eau et sur les chemins de fer, et il était arrivé à cette conclusion qu'il y a avantage, en présence d'une probabilité de trafic suffisamment intense, à construire de toutes pièces une voie navigable, même parallèlement à une voie de fer déjà existante. *A fortiori*, et dans des cas de plus en plus fréquents, l'amélioration, la conservation des voies navigables déjà créées s'imposent-elles dans l'intérêt du trafic. Appuyées par deux ingénieurs autrichiens MM. Deutsch et Œlwein, qui ont étudié avec une grande connaissance technique les projets de canaux dirigés de Vienne sur l'Elbe et sur l'Oder, les conclusions de M. Sympher reçurent un appui définitif de la part de M. Hirsch, le distingué professeur de notre Ecole nationale des Ponts et Chaussées et du Conservatoire des Arts et Métiers.

Il fit bien voir, par des exemples pris en France, que les lignes de fer et les lignes de navigation ne doivent point se nuire, qu'elles se complètent les unes par les autres, qu'elles rendent des services différents, qu'enfin un chemin de fer a eu plus d'une fois intérêt à voir les canaux, par l'adduction à bas prix des matières premières et des combustibles, favoriser dans certaines régions, la création d'industries dont les pro-

duits finis donnaient alors un élément de trafic pour le chemin de fer lui-même.

Cette opinion qui avait paru si bien établie qu'il en avait à peine été question à Francfort, a reçu à Manchester une consécration nouvelle, par l'appui, un peu inattendu, je dois le dire, des Anglais. Il est peut-être intéressant d'indiquer en quelques mots les motifs de cette évolution, en rappelant les renseignements topiques fournis à ce sujet au congrès par M. Henry John Marten.

Etat de la navigation intérieure dans la Grande-Bretagne. — Grâce à l'heureuse configuration de ses côtes, qui fait au cabotage des avantages exceptionnels, la Grande-Bretagne n'a pas pendant longtemps songé à pourvoir son commerce d'autres voies de transport. Le premier document indiquant une préoccupation relative à la navigation intérieure date de 1423. C'est un *act* du Parlement prescrivant certaines améliorations du cours supérieur et moyen de la Tamise. En 1529, on procède à la construction du canal d'Exeter à la mer. Entre cette date et l'année 1737, on compte 140 *acts* du Parlement relatifs soit à la création de nouveaux canaux, soit à l'amélioration des rivières et des canaux déjà existants. En 1759, l'ingénieur Brindley, celui qui considérait que le but de la création des rivières était de pourvoir à l'alimentation des canaux, construisait le canal de Bridgewater qui relie les houillères de Worsley à Manchester. Enfin, en 1832, il y avait 4671 *km* de canaux et la prospérité de ces entreprises était extraordinaire. Quelques-unes dont les actions avaient une valeur nominale à l'émission de 3 500 *f* distribuaient des dividendes annuels de près de 3 000 *f*. Cette grande fortune était la conséquence du monopole de fait dont les compagnies de canaux jouissaient et dont, par une pente assez naturelle, elles étaient arrivées à abuser étrangement : aussi les chemins de fer furent-ils, à leur apparition, considérés comme des libérateurs.

Ils obtinrent tout de suite les faveurs du public. La panique se mit alors dans les Compagnies de canaux, qui s'empressèrent d'accepter les offres d'achat de leurs nouveaux concurrents.

Actuellement, les voies de navigation intérieure de l'Angleterre et du Pays de Galles sont dans la situation suivante :

35 canaux appartiennent aux Compagnies de chemins de fer. Leur longueur totale est de . . . . 2 020 *km*.

38 appartiennent à des Compagnies particulières. Leur longueur est de . . . . 2 282 *km*.

Ce qui fait la caractéristique et la gravité de la situation, c'est que ces canaux sont composés de tronçons de faible étendue enchevêtrés les uns dans les autres, avec tous les types et toutes les dimensions possibles d'ouvrages, et que l'extrême division, le morcellement, rend toute amélioration impossible.

Affranchis de cette concurrence, les chemins de fer se prêtent sans empressement à des réductions de tarifs. Et cependant, poussées par la nécessité de retrancher autant que possible de leurs prix de revient les frais de transport des matières et des produits, les industries tendent à émigrer des villes de l'intérieur vers les côtes ; ce mouvement attire l'attention des hommes d'État anglais, et, dans le discours qu'il a pro-

noncé à la clôture du Congrès, lord Balfour of Burleigh, sous-secrétaire d'État au Board of Trade, a révélé, en quelques mots, les préoccupations de son Gouvernement à ce sujet.

Les voies de navigation intérieure, par le bas prix du transport, peuvent servir à enrayer cette émigration et faciliter la production économique des cités de l'intérieur, depuis longtemps en possession de puissantes industries; aussi les canaux sont-ils, en ce moment, fort en faveur en Angleterre. Et, chose remarquable, dans ce pays du *self-help*, où la libre initiative est une règle à peu près absolue, on demande l'appui de l'État pour reprendre aux Compagnies de chemins de fer les canaux qu'elles détiennent. Sheffield, Birmingham, d'autres—Manchester avant toutes les autres — ont déjà obtenu auprès du Parlement des succès significatifs.

Le *Bridgewater Canal*, l'*Aire and Cader Navigation*, la *Weaver*, sont des exemples intéressants de ce qu'on peut, dès maintenant, réaliser. Comme particularités à noter, signalons, dans l'Aire and Cader Navigation, ce bief de Bradfort, ayant dix écluses sur une longueur de 2 milles 1/2, et dont l'alimentation n'est assurée qu'au moyen de pompes qui, après chaque éclusée, puisent dans l'aval, pour le renvoyer à l'amont, le volume d'eau nécessaire pour rétablir le niveau. On emploie aussi sur cette voie des bateaux de 35 à 40 *t*, de forme spéciale, s'assemblant comme des wagons de chemins de fer, et qui peuvent, au moyen d'appareils élévatoires puissants, être déchargés d'un seul coup dans les cales des navires, au port de Goob, point terminus de la voie d'eau. M. H. Bailey a donné de ces bateaux une description intéressante aux membres du Congrès.

La Weaver, dont M. J. A. Sauer a entretenu le Congrès, dessert les districts salicoles de Winsford et de Nortwich, et se jette dans la Mersey à 2 milles de Runcorn. Elle vient d'être l'objet d'améliorations récentes. Le tirant d'eau de 4 pieds 6 pouces est passé à 10 pieds, et le tonnage possible de 80 à 322 *t*. A Anderton, cette rivière est mise en communication avec la Trent par le premier ascenseur qui a été construit.

De grands travaux sont également en préparation sous la conduite de M. Keeling, pour mettre *Birmingham* en état de recevoir, par la Severn, des bateaux de 200 *t* environ. Ici, aux ascenseurs on préfère les plans inclinés. Concurremment, on étudie entre Birmingham et Liverpool une grande voie qui serait accessible à des bateaux de 400 à 500 *t* et où les chutes seraient rachetées par des ascenseurs.

État des voies navigables dans les principaux ports d'Europe. — Les renseignements fournis à cet égard par les membres du Congrès ont été particulièrement intéressants. Leur rapprochement constitue une sorte d'histoire des voies navigables de l'Europe, dont il convient de dire quelques mots.

France. — M. Holtz a donné sur les voies navigables de la France un des résumés les plus substantiels qui aient été publiés depuis longtemps. L'historique des divers régimes auxquels furent soumis leur construction et leur entretien est un des chapitres certainement les plus intéressants de ce qu'on pourrait appeler l'histoire des budgets de la France. On y

voit les taxes de navigation d'abord spécialisées servir aux frais d'entretien et de construction, puis la spécialisation étant condamnée en principe. ces taxes prennent le caractère d'impôts sur les transports, c'est-à-dire sur la marchandise transportée, jusqu'à ce que la loi de 1880 les abolisse entièrement. Le rôle respectif de l'État et des transporteurs en matière de voie navigable n'a jamais été défini d'une façon plus précise : « A l'État incombent la création et l'entretien de la voie d'eau; à l'in- » dustrie privée, son affectation aux transports. »

M. Holtz rappelle la situation actuelle de nos voies navigables.

Les *voies principales* sont celles pouvant donner en tout temps passage à des bateaux de 38,50 *m* de long, 5,20 *m* de large et 1,80 *m* de fond.

Celles qui répondent à ces conditions ont actuellement le développement suivant :

Fleuves (y compris les parties maritimes) et rivières . . .	1 884 *km*
Canaux	1 845 —
Ensemble.	3 729 *km*
En 1878, ce dernier chiffre était de	1 459 —
Progrès réalisé de 1879 à 1889 (1).	2 270 *km*

Or, la loi de 1879 classait comme voies principales une longueur totale de 5 700 *km* déjà existantes à cette époque. Il y en a donc encore (5 700 — 3 729) = 1 971 *km* sur lesquels les améliorations nécessaires ne sont pas encore réalisées.

M. Fleury cite en particulier l'Yonne canalisée, qui forme un hiatus regrettable dans la plus importante artère, celle qui va du nord au sud, en passant par Paris.

Mais, outre l'amélioration des voies existantes, la loi de 1879 prévoyait aussi la construction de voies nouvelles. De ces dernières, le canal de Tancarville et le canal de jonction de l'Aisne à l'Oise ont seuls été livrés à l'exploitation; ceux de la Marne à la Saône et du Doubs à la Saône sont en cours d'exécution, mais on y procède avec une extrême lenteur. Il est regrettable que certains autres ne soient pas encore exécutés, tel le canal de Marseille au Rhône et ceux destinés à procurer des débouchés nouveaux aux régions industrielles de la Loire.

Enfin, M. Holtz constate l'utilité sociale des voies navigables qui, en permettant le transport à bas prix des matières premières, permettent la création d'industries qui, à leur tour, fournissent des trafics nouveaux aux chemins de fer.

Belgique. — M. Dufourny, Ingénieur principal, a fait connaître, dans une note pleine de faits, l'état des voies navigables de la Belgique.

La Belgique a aujourd'hui 2 205 *km* de voies navigables en exploitation. Quelques tronçons seulement restent à achever. Le plus important est le canal du Centre qui, de la Louvière à Thieu, doit, sur une longueur de 7 *km*, racheter une chute de 66,20 *m*. Il y sera pourvu au moyen de quatre ascenseurs, dont celui de la Louvière a dès aujourd'hui une célébrité méritée. M. Dufourny cite quelques faits à retenir sur la concurrence des canaux et des chemins de fer. Ainsi, sur la ligne de

(1) Les voies classées ont eu 92 0/0 du tonnage transporté, lequel a été de 3 179 676 000 *t k*.

Liège à Anvers, le transport des matières pondéreuses s'effectue par voie d'eau au prix de 2,15 *f* à 2,30 *f*. Par chemin de fer, il existe un tarif spécial d'exportation applicable à des trains complets de 200 *t*, au prix de 2 *f*.

Pays-Bas. — M. Van der Sleyden a exposé l'état actuel des voies navigables des Pays-Bas, et M. Conrad, inspecteur du Waterstaat, en a distribué une description complète due à la collaboration des principaux Ingénieurs de ce corps éminemment distingué. La voie d'eau est le plus ancien et le plus usuel des modes de transport en Hollande.

M. Fleury signale les facilités offertes tout récemment à la navigation par l'amélioration de la grande voie entre Rotterdam et l'Allemagne et qui peut aujourd'hui recevoir les bateaux du Rhin, d'un tonnage de 1 300 *t* et d'une longueur de 79 *m*. Comme conséquence de ces améliorations, on est amené à relever le niveau des ponts et chemins de fer à la traversée des voies d'eau.

Suède. — M. le colonel Lindgren a fait connaître la situation des voies navigables de Suède, dont la principale, composée du Gotha-Kanal et du Trollhatta-Kanal, établit une communication continue entre la Baltique et le Cattegat.

Russie. — A leur tour, MM. de Sytenko, Kwitziuski et de Timonoff ont fourni des descriptions et des appréciations très étudiées des questions de navigation en Russie. L'étude sur le Volga, et celle sur le système Morée, qui met le grand fleuve en communication avec la Baltique, sont particulièrement instructives.

Italie-Espagne. — M. Bompiani pour l'Italie, M. Llauvado pour l'Espagne, ont également fourni des rapports fort intéressants sur la navigation intérieure dans ces deux pays. — Nous en dirons autant des renseignements sur le Canada dont M. Sandford Tleming est l'auteur.

Allemagne. — C'est M. Von Sympher qui a présenté au Congrès le rapport sur la navigation intérieure en Allemagne. Les conditions exceptionnelles dans lesquelles elle s'exerce ne permettent pas la comparaison avec le reste de l'Europe. Ses sept grande fleuves, présentant ensemble un développement total de 3 000 *km*, sont aujourd'hui aménagés pour permettre une navigation des plus actives. Les chiffres donnés par M. Von Sympher le font assez voir. Par comparaison à dix ans de distance, on constate les résultats suivants :

	En 1875	En 1885
Les sept grands fleuves . . *tk*	1 763 000 000	3 535 000 000
Toutes les voies navigables. .	2 900 000 000	4 800 000 000
Les chemins de fer	10 900 000 000	16 600 000 000

Les grands projets de canalisation transversale de l'Est à l'Ouest ne sont pas encore très avancés. Mais ils se réaliseront quelque jour ainsi que ceux de la canalisation de la Moselle et du canal de Dormund à Emden, destinés à ouvrir de nouveaux débouchés aux charbons et aux produits métallurgiques de la Westphalie.

Toutes ces communications dénotent l'importance de plus en plus

grande que prend la navigation intérieure dans l'organisme productif des peuples de l'Europe. — Comme constatations immédiates, il convient de signaler la tendance assez générale, spécialement en Angleterre, à se rapprocher des dimensions définitivement consacrées par notre excellente loi de 1879. Si l'Allemagne fait exception, c'est que les dimensions des canaux qu'elle s'occupe de créer sont commandées par celles de ses grands bateaux de fleuve, beaucoup plus que par des considérations théoriques.

En résumé, de grands efforts ont été faits, et dès maintenant, dans l'Europe entière, en France en particulier, de grands progrès ont été réalisés.

La batellerie. — M. Fleury ne peut en dire autant de la batellerie.

Le Congrès de Manchester a eu occasion de déplorer la lenteur avec laquelle les formes de bateaux se modifiaient dans un sens rationnel de façon à diminuer la résistance à la traction.

Et cependant, la traction est de beaucoup l'élément le plus important du prix de revient.

M. W.-H. Bailey, vice-président de l'Association des Ingénieurs de Manchester, a présenté d'instructives observations à ce sujet.

M. de Mas a fait également connaître qu'il poursuivait l'étude de la forme la plus rationnelle à donner aux bateaux.

Traction funiculaire. — M. Maurice Lévy a entretenu le Congrès de la traction funiculaire; c'est un sujet connu de la Société. Les données fournies par M. Lévy font souhaiter qu'une expérience en grand puisse être bientôt faite. Elle serait particulièrement opportune en Angleterre, où le chemin de halage est beaucoup moins respecté que chez nous, et où la traction par remorqueurs est très usitée, au détriment des berges.

Ecluse Fontaine. — M. Fontaine, Ingénieur en chef à Dijon, a exécuté de 1886 à 1889 sur le canal du Centre, douze écluses rattachant chacune des chûtes de 5 *m* à 5,20 *m*. Ce résultat remarquable avait attiré l'attention. Elle est encore plus vivement excitée par le projet d'une écluse de 20 *m* de chute, que cet Ingénieur a fait connaître au Congrès. Cette conception certainement hardie, comporte l'emploi de ces puissantes vannes cylindriques, qui figuraient déjà — en images — à l'Exposition universelle. Elles permettront de réduire la durée de l'éclusage, et trois bassins d'épargne assurent l'économie de $\frac{2}{5}$ de la sassée.

Plan incliné Flamant. — Poussé par la même préoccupation que M. Fontaine, M. Flamant, le savant professeur de l'École des Ponts et Chaussées et de l'École centrale, a cherché d'un autre côté, la solution du grand problème de la canalisation en pays accidentés. C'est au plan incliné qu'il a recours. La caractéristique de son système est la raideur, si on peut s'exprimer ainsi, puisqu'il a adopté une inclinaison de 2 *m* de base pour 1 *m* de hauteur, ce qui oblige à haler les sas en travers.

M. Peslin a rappelé à ce sujet qu'il a construit dejà sur le canal de l'Escaut à la Meuse un plan incliné d'un système différent, où les sas sont halés en bout.

Les Taxes. — L'opinion du Congrès s'est très résolument prononcée

contre toute taxe imposée à la navigation intérieure. On en voit les déplorables résultats sur les canaux appartenant — comme ceux d'Angleterre, comme quelques-uns en France — à des Compagnies privées. La navigation y est en décroissance continue, et tout le monde y perd, aussi bien les propriétaires que la batellerie et le commerce, sans parler de l'intérêt général du pays. En ce qui touche la France, l'État a fait pour les canaux et les chemins de fer des sacrifices d'une importance financière comparable, dans une vue d'intérêt public et sans songer à les recupérer directement. Il ne faut pas d'impôt sur le transport des marchandises quelque soit le mode de transport. On a eu hâte de supprimer l'impôt sur la petite vitesse : on ne doit pas rétablir l'impôt sur la batellerie.

C'est, d'ailleurs, dans plus d'un pays. un principe en quelque sorte de droit public que la liberté de circuler sans taxes sur les voies navigables. Il est même incrit dans la Constitution prussienne. Et, en vérité, lorsque l'on considère l'étroite marge qui sépare les prix de transport par eau de ceux des chemins de fer, on demeure convaincu que la moindre taxe sur la batellerie serait une faveur accordée à la voie ferrée, au détriment de la production générale du pays.

Statistique. — Enfin, le Congrès de Manchester a fait faire un pas sérieux à l'uniformisation de la statistique des voies navigables dans les divers pays.

M. Fleury est heureux de constater que l'excellente statistique de l'administration française parait appelée à servir de modèle.

Les canaux maritimes de pénétration. — Dans ce qui précède, nous avons essayé de mettre en relief ce qui touchait le plus directement à la navigation intérieure, à celle qu'on appelle quelquefois la navigation d'eau douce.

Mais. à Manchester, moins qu'ailleurs, on ne pouvait oublier les grandes voies de pénétration du commerce maritime à l'intérieur des terres.

Le Ship-Canal de Manchester. — Tout naturellement, on s'est d'abord beaucoup occupé du canal qui va réunir la grande cité manufacturière à la Mersey. Les membres du Congrès l'ont très complètement visité à ses deux extrémités et à tous les points intéressants de son tracé. Les travaux en sont assez avancés pour qu'on puisse, dès aujourd'hui. en apprécier l'importance, et il faut le dire, ils produisent un effet saisissant. C'est incontestablement une des grandes œuvres de notre époque, et non seulement sa conception première, mais encore la solution des problèmes de détails, tels que le croisement avec les chemins de fer et le Bridgewater-canal, et aussi l'installation très intelligente et très perfectionnée des chantiers ont, à juste titre, excité l'admiration de tous les hommes du métier.

M. Fleury en donne une intéressante description.

Le canal maritime a son débouché dans le vaste et magnifique estuaire de la Mersey à six milles (9 656 *m*) en amont de Liverpool, sur la rive gauche du fleuve, près d'une petite localité appelée Eastham. — L'accès devra en être préparé par des dragages — qui assureront une

profondeur de 30 pieds (9,14 *m*) aux pleines mers de morte eau, de 40 pieds (12,19 *m*) à celles de vive eau.

La longueur totale du canal d'Eastham à Manchester même, — car il arrive jusqu'aux portes de la ville — est de 35, 1/2 milles (57 *km* 130 *m*).

Il aura une largeur minima de 120 pieds (36,57 *m*) au plafond, de 172 pieds (52,43 *m*) au plan d'eau, et une profondeur assurée de 26 pieds (7,925 *m*). — Aux approches de Manchester, à partir de la ville de Barton, soit sur les 5 derniers milles (8,047 *km*), les dimensions en largeur seront encore augmentées. Entre les deux extrémités du canal, il y a une différence d'altitude de 60 pieds 1/2 (18,44 *m*), soit assez exactement 1 pied, 8 pouces par milles, ou en mesures françaises 322 *mm* par *km*. — Cette différence est rachetée au moyen de quatre écluses, qui ne sont pas les parties les moins remarquables de l'œuvre. Les sas de ces écluses ont en moyenne 600 pieds de long (182,88 *m*), 80 pieds de large (24,38 *m*) et la profondeur d'eau sur le seuil y sera de 28 pieds (8,53 *m*) au minimum, c'est-à-dire de 2 pieds (0,61 *m*) au dessous du plafond du canal, de façon à laisser pour l'avenir la faculté d'approfondir celui encore de 2 pieds si on le juge utile. — Au sas principal, réservé à la grande navigation, en est accolé un autre, de moindres dimensions, 350 pieds de long (106,68 *m*), 50 pieds de large (15,24 *m*) destiné au cabotage. — Aux approches des écluses, les dimensions du canal sont assez élargies, pour permettre le stationnement, la formation des convois, et même le virage bord pour bord des plus grands steamers au cas où cette manœuvre serait nécessaire. — Un détail assez intéressant, c'est que dans cette patrie du fer et de l'acier, les portes et écluses sont entièrement construites — avec une perfection presqu'artistique — en un bois de la Guyane, que les Anglais appellent *Green heart*, — essence très homogène, d'une fibre très serrée assez analogue à l'acajou, et qui passe pour à peu près incorruptible. Le motif qui les a fait préférer aux portes métalliques, c'est la facilité de l'entretien et de réparations, et aussi leur innocuité relative pour les coques de navires qui viendraient à s'y appuyer.

A Warrington, situé à peu près au milieu de la longueur du canal, sur sa rive droite, on ménage aux opérations commerciales, un dock — ou bassin — de 23 acres (9,3074 *ha*) de superficie, avec 1 mille 1/4 (2 011 *m*) de longueur de quais. Quant aux docks de Manchester, leur superficie doit être de 114 acres (46,1325 *ha*), et le développement des quais de 5 miles 1/4 (8 450 *m*).

Le déblai total atteindra 46 millions de yards cubiques (35 168 000 m^3) dont 10 000 000 (7 645 000 m^3) dans le grès rouge.

Pour s'alimenter, le canal absorbera, dans sa partie supérieure, la presque totalité du débit de *la Mersey*, de *l'Irwell* et d'autres petites rivières. Dès maintenant tous les centres populeux qui, jusqu'ici, déchargeaient leurs égouts dans ces rivières, font les travaux nécessaires pour éviter, à l'avenir, la pollution des eaux du canal.

Un des points les plus intéressants, c'est, sans doute, la solution radicale et hardie donnée à la délicate question du maintien des voies de communication antérieures. Le *Ship-Canal*, en effet, coupe cinq grandes

voies ferrées, huit grandes routes et un canal d'eau douce, le ***Bidgevater-Canal***. Pour les chemins de fer et pour deux des principales routes, on s'est décidé à les faire passer, au moyen de déviations en rampes, convenablement calculées, sur des ponts fixes, situés à 75 pieds (22,86 *m*) au-dessus du plan d'eau du canal, hauteur suffisante pour laisser en dessous un passage aux bas mâts des navires. Pour les routes de moindre importance, on admet des ponts tournants; également aussi le passage du ***Bridge-Water-Canal*** sera assuré au moyen d'un pont-canal tournant, sorte de sas, dont, au moment de la manœuvre, les deux extrémités seront fermées par des portes étanches, comme aussi, d'ailleurs, les extrémités correspondantes du canal lui-même.

Les devis du canal de Manchester, s'élèvent à 200 millions de francs, représentant à peu près 4 millions par kilomètre, et vraisemblablement on ira quelque peu au delà.

Les promoteurs de l'entreprise comptent sur un trafic, dans les deux sens, de 9 millions 1/2 de tonnes. C'est au moins à ce tonnage colossal qu'on évalue le mouvement actuel des marchandises entre Liverpool et Manchester.Les souscripteurs se sont recrutés en majeure partie dans le monde commercial et industriel de Manchester, et ils ont trouvé dans la construction du Ship-Canal un moyen expéditif et radical de diminuer les frais de transport de leur marchandises, frais qui aujourd'hui, entre les docks de Liverpool, où tout doit être camionné du bateau à la gare, et les usines de Manchester, ne sont pas moindres de 13 shelling par tonne, et sont souvent supérieurs.

Ajoutons qu'en venant à Manchester, les navires se rapprochent du charbon, et qu'ils sont sûr du fret de retour. Cet ensemble de circonstances justifie pleinement l'entreprise du Ship-Canal de Manchester. Sur quel autre point du globe les trouverait-on encore une fois réunies?

Cependant, dit M. J. Fleury, d'autres tentatives se préparent. Il cite, comme étant la plus intéressante, celle du ***Clyde and Forth canal*** qui emprunterait une partie du lac Lohmond, et dont le seuil, pour éviter des écluses, serait franchi au moyen d'un tunnel. D'autres projets sont à l'étude pour Sheffield, pour le Trent et l'Humber.

M. Fleury ne peut passer sous silence l'une des questions qui ont été le plus profondément traitées au Congrès de Manchester: celle de l'***amélioration des estuaires*** des fleuves à marée qui intéresse tant notre pays. Il signale les diverses théories émises à ce sujet et constate que le principe de l'évasement progressif des digues de l'amont vers l'aval semble s'affirmer. M. Fleury rend compte des remarquables études faites a ce sujet par MM. Mengin, ingénieur en chef de la navigation de la Seine, Osborne-Reynolds, professeur d'Owen's-College et Vermont-Harcourt, notre sympathique collègue.

En terminant, M. Fleury rend hommage à l'accueil empressé que les membres du Congrès ont reçu, non seulement à Manchester, mais encore à Liverpool, aussi bien que de la part de l'administration du Ship-Canal et des Compagnies de chemins de fer. Il remercie également les nombreux ingénieurs étrangers qui ont mis un grand empressement à lui communiquer les plus utiles documents. Le prochain Congrès doit se réunir à Paris, en 1892, sur l'invitation et sous les auspices de la

Chambre de commerce. Comme à Fontenoy, — conclut M. J. Fleury, — nous avons laissé le premier tour aux autres : nous ne serons pas en reste.

M. le Président exprime à M. Fleury tout le plaisir avec lequel la Société l'a entendu développer les renseignements très nombreux et très intéressants que sa communication renferme. Il est certain que la prochaine réunion du Congrès de navigation à Paris aura un grand succès.

La séance est levée à onze heures.

L'ALUMINIUM

A L'EXPOSITION DE 1889

PAR

M. H. BRIVET

La métallurgie de l'aluminium, créée par Deville, il y a 35 ans, n'a subi pendant ce temps que des changements de peu d'importance, soit dans les dosages qu'il avait indiqués, soit dans les divers appareils qu'il avait imaginés avec le concours de Debray et de Paul Morin.

La méthode employée avec succès par Deville est celle qui avait été indiquée par Wöhler et qui consiste à réduire le chlorure d'aluminium par le sodium. A plusieurs reprises, des tentatives ont été faites pour obtenir industriellement l'aluminium par d'autres procédés, mais sans succès, et, jusqu'en ces dernières années, le procédé Deville a fourni la presque totalité de l'aluminium consommé.

Ce procédé paraît cependant être arrivé au terme de sa carrière et devoir céder la place aux procédés de l'électrolyse, qui ont été, depuis peu, amenés à un degré de perfection permettant d'obtenir relativement à bas prix de l'aluminium de bonne qualité.

A ce point de vue, l'Exposition universelle de 1889 a été très intéressante et très instructive, car, pour la première fois, on a pu voir l'aluminium et ses alliages obtenus par de nouvelles méthodes de fabrication, exploitées dans diverses usines dans ces cinq dernières années. Nous passerons en revue les expositions de ces usines.

1° Angleterre.

Il y avait dans la section anglaise deux magnifiques expositions d'aluminium brut et ouvré, ainsi que les divers alliages obtenus avec le fer, le cuivre, etc., etc. Ce sont celles de l' « Aluminium Company » et de l' « Alliance Aluminium Company ».

L'Aluminium Company a son usine à Oldbury, près de Birmingham, et exploite les procédés de Deville, de la réduction du chlorure double d'aluminium et de sodium par le sodium Des changements importants au point de vue de la fabrication économique du sodium ont été apportés par M. Castner et font l'objet de brevets exploités par cette Compagnie.

Sir Henry Roscoë, dans une conférence faite au mois de juin de l'année dernière (1), a donné des renseignements intéressants sur l'importance de cette usine, dont les ateliers ont été construits dans des conditions suffisantes pour une fabrication annuelle de 45 000 *kg* d'aluminium métal.

Ces ateliers couvrent une surface d'environ 2 *ha* et sont divisés en cinq parties : 1° Sodium, — 2° Chlore, — 3° Chlorure double d'aluminium et de sodium, — 4° Aluminium, — 5° Fonderie, laminoirs, tréfilerie.

L'atelier de sodium fonctionne avec les procédés Castner, qui consistent à chauffer la soude caustique en fusion ignée au contact d'un réducteur obtenu par la calcination d'un mélange de brai avec de la tournure de fer. Nous n'entrerons pas dans les détails des fours de M. Castner, qui ont déjà été décrits dans plusieurs publications ; nous dirons seulement, au point de vue de l'importance de l'atelier, qu'il y a quatre fours en travail, pouvant produire 54 *kg* de sodium à l'heure, soit plus d'une tonne par jour (1).

D'après les documents publiés, le prix de revient du sodium métallique ne dépasserait pas 2 *f* par kilogramme.

L'atelier du chlorure double renferme deux rangées de six fours contenant chacun cinq cornues. Chacun de ces fours à cinq cornues donne par chaque opération environ 1 500 à 1 600 *kg* de chlorure double.

On fait deux opérations par semaine. Les cornues sont chargées de petites briquettes formées par un mélange en proportions convenables d'alumine, de sel marin et de charbon. Ces briquettes ont été préalablement desséchées à l'étuve. Le chlore est fourni par une batterie alimentée par le manganèse régénéré d'un appareil Weldon et l'acide chlorhydrique venant directement par un gros tuyau en gutta-percha de l'usine contiguë de MM. Chance brothers. Le chlore obtenu est reçu dans quatre gazomètres en

(1) *Chemical News*, 10 juin 1889.
(1) *La Lumière électrique*, n° 29, 16 juillet 1887.

plomb, chacun de 28 m^3 de capacité, afin de pouvoir régulariser l'envoi aux cornues sous une pression constante.

Avec dix fourneaux à chlorure double en marche, sur les douze que renferme l'atelier, on peut produire facilement 13 000 à 14 000 *kg* de chlorure double par semaine, correspondant à une production de 1 300 à 1 400 *kg* d'aluminium.

Le chlorure double obtenu contient toujours un peu de fer, environ 0,4 0/0, qui se concentre dans le métal, en sorte que, comme il faut 10 *kg* de chlorure double pour 1 *kg* d'aluminium, le métal en renfermait de 4 à 5 0/0, ce qui lui enlevait une grande partie de ses qualités. Après avoir éprouvé beaucoup d'ennuis à ce sujet, M. Castner a trouvé un procédé peu coûteux pour la purification du chlorure double du fer qu'il contenait, en sorte que le métal produit dans cette usine présente maintenant une assez grande pureté; on garantit de 98 à 99 0/0 d'aluminium.

L'opération de la réduction se fait dans un four à réverbère à sole inclinée sur le devant vers le trou de coulée; la charge d'un four se compose de 540 *kg* de chlorure double, de 270 *kg* de cryolithe et de 158,5 *kg* de sodium. — On obtient par opération en moyenne 52 à 54 *kg* d aluminium.

Le prix de vente indiqué par Sir Henry Roscoe est de 20 schellings par livre anglaise, soit 55 *f* le kilogramme.

Au sortir de l'atelier de réduction, le métal entre à la fonderie — où il est refondu et préparé en lingots disposés pour le laminage ou le tréfilage, et sous toutes les formes demandées par le commerce.

L'exposition de l' « Alliance Aluminium Company », dont les usines sont situées à Wallsend près de Newcastle-on-Tyne, était très riche et très instructive ; elle permettait de juger de l'effet que présente l'aluminium avec son ton mat quand il est uni à des ornements en bronze d'aluminium à 5 0/0 qui possède une riche couleur d'or.

La méthode de fabrication employée dans cette usine est celle qui a été indiquée en 1855, à la fois par Henri Rose et le Dr Percy. Elle consiste à réduire la cryolithe à l'état de fusion par le sodium; avec quelques modifications, dans la manière d'opérer et les appareils employés, faisant l'objet de brevets pris par le professeur Curt Netto. Dans le procédé d'Henri Rose, quand on ajoutait le sodium à de la cryolithe en fusion, il restait à la surface du bain à cause de sa faible densité, en sorte qu'il s'oxydait en partie au contact de l'air. Le rendement était donc faible, de plus la soude

caustique produite rendait le bain alcalin, et attaquait la paroi du fourneau ou du creuset, ce qui nuisait à la qualité du métal qui était presque toujours siliceux. Le professeur Netto a imaginé un appareil ayant quelque analogie avec celui que M. Heaton a employé pour la fabrication de l'acier au nitrate.

Il consiste en une sorte de convertisseur, contenant la cryolithe en fusion ; à la partie inférieure de ce convertisseur arrive, pressé par une pompe foulante, un courant de sodium maintenu liquide par une température au-dessus de 100°. La réaction entre la cryolithe et le sodium fondu a donc lieu au sein de la masse en dehors de la présence et de l'action de l'air. On arrête l'opération dès que l'on voit du sodium arriver à la surface du bain, la scorie est ensuite séparée du métal et celui-ci est coulé dans des lingotières. Quand l'opération est bien menée et que la cryolithe a été bien triée et bien pure, le métal est de bonne qualité ; on garantit 99 0/0 de métal pur.

Toute l'économie du procédé du professeur Netto repose sur le prix de revient du sodium ; aussi son attention a-t-elle été appelée sur les améliorations que pouvait permettre une grande production de sodium ; il a imaginé un appareil spécial assez simple pour la réduction de la soude caustique, à l'état de fusion ignée, par le charbon placé dans une cornue verticale en fonte, sur lequel la soude caustique vient couler goutte à goutte ; cette cornue est maintenue au rouge par les gaz combustibles fournis par un gazogène. Les appareils de condensation du sodium sont les mêmes que ceux employés par Deville. Le sodium revient, dit-on, à 2,50 *f* le kilogramme.

2° France.

Dans la section française, il y avait trois exposants : la Société A.-R. Pechiney et Cie, MM. Bernard frères et MM. Brin frères.

La Société Pechiney et Cie (ancienne Société Henry Merle et Cie) avait une exposition remarquable de produits chimiques et aussi d'aluminium en lingots, en feuilles et en fils d'une grande finesse. C'est à Salindres (Gard), où est située l'usine de cette Compagnie, que, depuis 1857, on fabrique l'aluminium par les procédés Deville, et elle a fourni pour ainsi dire seule, l'aluminium consommé depuis cette époque, soit à l'état de tubes, de lames et de fils, présentant une pureté qui n'avait pas été atteinte par d'autres concurrents.

Malheureusement, comme nous l'avons dit en commençant, le

procédé Deville, au point de vue du prix de revient, ne peut plus soutenir la concurrence avec les nouveaux procédés de l'électrolyse.

L'exposition de MM. Bernard frères présentait quelques lingots de métal, coulés directement du bain où ils avaient été obtenus, des tubes de petit diamètre et d'une certaine longueur, montrant la malléabilité du métal et quelques autres lingots de métal refondu. — L'usine expérimentale de MM. Bernard est située à Creil. Le métal est obtenu par l'électrolyse d'un bain de fluorure d'aluminium, mélangé ou non à d'autres fluorures alcalins et amené à l'état de fusion ignée. Le courant est fourni par une dynamo, actionnée par une machine à vapeur. L'électrolyse se fait avec des courants de 8 à 10 volts ; on peut obtenir 25 *g* d'aluminium par force de cheval et par heure, ce qui est un résultat intéressant. Outre l'aluminium on fabrique à Creil le ferro-aluminium employé dans la métallurgie de l'acier, le bronze d'aluminium, etc.

MM. Brin frères ont exposé quelques alliages contenant un faible percentage d'aluminium et quelques fragments d'aluminium obtenus au laboratoire et annoncés comme ayant été extraits directement de l'argile, sans électricité : je laisse à ces messieurs la responsabilité de cette assertion et surtout le soin de la démontrer industriellement.

3° États-Unis.

Les frères Cowles avaient dans la section des États-Unis une exposition des plus modestes, consistant en quelques lingots de bronze d'aluminium à divers titres, de petits échantillons des matières premières employées dans leur fourneau électrique, de très petits échantillons des produits obtenus ainsi que des photographies de leurs fours, tout cela de si peu de volume que seules les personnes au courant de cette très intéressante fabrication pouvaient découvrir cette petite vitrine des procédés métallurgiques électriques de MM. Cowles. C'est en 1885 que MM. Alfred et Eugène Cowles établirent à Cleveland (Ohio) la première usine expérimentale de métallurgie électrique pour la production de l'aluminium allié avec le cuivre, le fer, le silicium allié avec le cuivre, etc., etc. En 1886, la Société Cowles établit une grande usine à Lockport dans l'état de New-York. Cette usine est actionnée par une chute d'eau de 2 000 chevaux, qui met en mouvement deux puissantes turbines de 2,45 *m* de diamètre. Les dynamos fournissent un courant de 3 000 à 3 200 ampères avec une force

électro-motrice de 55 à 60 volts. Il y a 18 fourneaux électriques dont 14 en fonctionnement régulier, pouvant produire 150 *kg* d'aluminium contenus dans les alliages par vingt-quatre heures.

En 1888, la Société Cowles a établi une usine en Angleterre, à Milton près de Stoke-on-Trent dans le Staffordshire. Cette usine est actionnée par une machine à vapeur de 600 chevaux du système compound, à condensation, qui met en mouvement une dynamo construite par MM. Crompton de Chelsford, qui fournit un courant de 5 000 ampères avec une force électro-motrice de 60 volts. L'atelier se divise en deux parties séparées, renfermant chacune 6 fourneaux ; l'un de ces ateliers sert exclusivement à la production du bronze d'aluminium, l'autre au ferro-aluminium. Cette usine peut fournir par 24 heures 100 à 120 *kg* d'aluminium contenus dans les alliages soit de bronze, soit de ferro-aluminium. Les procédés de MM. Cowles ne fournissent pas d'aluminium pur, mais seulement des alliages. Ils ont fait de nombreux essais pour obtenir l'aluminium pur, par la réduction directe de l'alumine par le charbon à l'aide de la puissante chaleur dégagée par le courant électrique, mais ils ont toujours échoué : ils n'obtenaient en opérant ainsi que du carbure d'aluminium. L'aluminium naissant a une grande affinité pour le carbone et l'alliage qui se forme dans ces conditions renferme jusqu'à 30 0/0 de carbone.

L'aluminium contenu dans les alliages est vendu au prix de 25 *f* le kilogramme, pour le ferro-aluminium : il n'est pas tenu compte du fer; dans le bronze d'aluminium le cuivre est facturé suivant le cours au moment de la livraison.

4. Suisse.

Dans la section suisse, il y avait une très intéressante exposition de la « Société pour l'industrie de l'aluminium », dont les usines sont situées à Neuhausen près de Schaffhouse.

Cette Société exploite les brevets Héroult pris en avril 1886 pour la fabrication des alliages d'aluminium, qui sont une variante des procédés Cowles ; ils n'en diffèrent que dans quelques détails de peu d'importance.

L'usine de Lauffen-Neuhausen, qui a été mise en marche le 30 juillet 1888 est située près de la chute du Rhin et lui emprunte une force motrice de 300 chevaux. Le courant électrique est fourni par deux dynamos de chacune 6 000 ampères avec une force électro-motrice de 20 volts, sortant des ateliers d'Oerlikon près de

Zurich. On peut produire sous forme d'alliage l'équivalent de 300 *kg* d'aluminium par vingt-quatre heures.

L'exposition de cette Société était des plus instructives au point de vue de la démonstration des qualités spéciales du bronze d'aluminium, sa résistance à la traction, sa malléabilité, etc., etc.; elle renfermait aussi de l'aluminium pur, que cette Société fabrique également par des procédés électrolytiques, le métal exposé paraissait être de bonne qualité, le prix de l'aluminium indiqué par la personne qui avait charge de l'exposition de cette Société était de 25 *f* le kilogramme, avec une garantie de 98 à 99 0/0 de métal pur.

La Société suisse propriétaire des brevets Héroult a concédé a la Société française électro-métallurgique l'exploitation en France desdits brevets. Son usine est située à Froges (Isère), près d'une force hydraulique dont elle utilise déjà 750 chevaux; on y fabrique les divers alliages d'aluminium, et depuis peu on produit également l'aluminium pur, je pense par les mêmes procédés employés à Neuhaussen.

Depuis la clôture de l'Exposition universelle, il est arrivé à Paris de l'aluminium d'une nouvelle usine des États-Unis, située à Pittsburg, appartenant à la Pittsburg Reduction C[r]. Cette Société installe en ce moment une nouvelle usine en Angleterre, près de Manchester. Elle exploite les brevets de M. C. M. Hall, consistant dans l'électrolyse de l'alumine dissoute dans un bain de fluorure d'aluminium et de fluorure de calcium et une certaine proportion de chlorure de calcium. Ce bain à l'état de fusion ignée est soumis à un courant électrique de faible tension, six à huit volts. Les échantillons qu'il nous a été donné de voir nous ont paru de très bonne qualité.

Voilà bien des usines d'aluminium, sans compter d'autres en Allemagne, en Belgique, etc., dont nous n'avons pas parlé. Quels seront donc les débouchés pour ce métal qui, jusqu'à présent, n'a reçu que peu d'applications à cause de son prix. Il faut mettre en dehors les alliages avec le cuivre et le fer, qui peuvent être produits directement et plus économiquement avec les procédés des Cowles et de Héroult.

On comprend que tant que l'aluminium a été vendu à plus de 100 *f* le kilogramme, on ne lui ait pas trouvé de nombreuses applications. Ce n'est pas un métal riche comme l'or et l'argent, il n'est pas encore classé, il n'a pas encore trouvé sa place dans l'industrie. Les conditions seront changées quand son prix sera des-

cendu à 15 et 20 *f* le kilogramme et même plus bas, comme il est permis de l'entrevoir. Déjà la Pittsburg Reduction C[y] vend l'aluminium par de grandes quantités à 1 dollar 1/2 la livre anglaise, soit 16 à 17 *f* le kilogramme; au détail, elle cote son métal en lingots à 9 shillings la livre anglaise, soit un peu moins de 25 *f* le kilogramme, prix qui est celui coté également par la Société de Neuhausen.

Avec cette baisse énorme du prix de vente de l'aluminium, en tenant compte de sa faible densité, qni n'est que de 2,66, ce qui fait qu'un volume donné d'aluminium est trois fois et demie plus léger qu'un même volume de cuivre, quatre fois plus léger qu'un même volume d'argent, près de cinq fois plus léger qu'un même volume de plomb, etc., etc., tenant compte également de ses qualités spéciales, de malléabilité, de ductilité, de ténacité, de son inoxydabilité, de sa résistance aux acides nitrique et sulfurique, de son inaltérabilité à l'air et au contact des gaz sulfurés, etc., etc., il est naturel de penser qu'une fois ce métal fourni à bon marché, on lui trouvera des applications nombreuses, que de larges débouchés seront ouverts à sa production et que l'on peut espérer voir, dans un avenir peu éloigné, l'aluminium produit par l'électrolyse prendre son rang industriel à côté du cuivre, de l'étain et du zinc, et devenir comme eux un métal usuel.

Paris, janvier 1890.

LE PORT DE PASAJES

(ESPAGNE)

PAR

M. J.-H. DELAUNAY

Pl. 23, fig. 1. Carte du bassin hydrographique.

Au fond du golfe de Gascogne, sur la côte d'Espagne, à **16** *km* de l'embouchure de la Bidassoa, s'ouvre le goulet qui donne entrée à la Bahia de las Pasajes. Le phare, qui signale le port aux navigateurs, situé sur un rocher escarpé à **148** *m* au-dessus des flots, est repéré par 43° 20′ 21″ latitude nord et 4° 16′ 50″ longitude ouest de Paris.

Le port de Pasajes est formé par une vaste dépression au milieu des schistes et des grès de la période de transition du versant nord de la chaine Cantabrique. Cette cuvette, fermée de tous côtés par les hautes ondulations de la montagne, est mise en communication avec l'Océan par une étroite faille de 120 à 250 *m* de largeur et 1 300 *m* de longueur ouverte entre le monte Ulia et le monte Jaisquibel qui abritent le port des vents de tout le cadran du nord-ouest au nord-est. Sur le côté opposé, les plateaux, qui s'élèvent par gradins jusqu'aux chaînes de la Navarre, couvrent la baie des vents du sud et la belle montagne des Trois-Couronnes, le mont Aya, ferme l'horizon au sud-est. C'est à peine si les cols élevés, qui relient le Jaisquibel et le Ulia au système orographique général, laissent passer les vents de l'est et de l'ouest. Aussi les plus grandes tempêtes ne peuvent se faire sentir sur la baie dont les eaux calmes dans leur ceinture de montagnes rappellent les lacs alpins.

Le bassin de Pasajes mesure une superficie d'environ 160 *ha* au niveau de la mer, dont 30 *ha* ont été conquis par la culture au moyen de digues sur les communes de Renteria et de Lezo et 30 *ha* par des remblais pour les constructions dans les anses du Molinao et de la Herrera.

Molinao.	11,5 *ha*
Herrera.	8,5
Travaux du port.	10,0
Renteria	30,0
Total. . . .	60,0 *ha*

Il reste encore 100 *ha* couverts par la mer à marée haute et dont la plus grande partie sera réservée à la navigation. Si nous comparons cette surface d'eau aux 53 *ha* environ que les bassins du Havre offrent au commerce, nous voyons que le port de Pasajes se prête à un grand développement commercial et peut recevoir une importante flotte.

L'entrée du port est imposante mais sûre et, depuis longtemps, il n'y a pas eu à signaler le moindre accident de mer; les navires surpris par la tempête se réfugient à Pasajes où, grâce aux dragages effectués, ils peuvent entrer par tous les temps et à toute heure de marée. En 1889, 852 navires, dont 62 en relâche, sont entrés dans la baie. Les charbonniers de 12 à 1 600 *t* de charge fréquentent le port, et les vapeurs de la Compagnie des Messageries Maritimes de plus de 6 000 m^3 de déplacement y font escale tous les mois.

Le chemin de fer de Madrid à Irun a une station dans le port et dessert la ville de Renteria qui peut être considérée comme une de ses dépendances.

Les vallées de l'Oyarzun et du Molinao ouvrent le passage à des voies ferrées qui ont été étudiées pour amener à la mer les minerais dont on a découvert de nombreux gisements dans cette belle partie des Pyrénées.

La baie reçoit trois ruisseaux, à l'ouest la Herrera, le Molinao au sud et l'Oyarzun, par Renteria et Lézo, à l'est. Ils sont peu importants, presque à sec dans l'été, et amènent, après les grandes pluies, les limons, sables et graviers, produits de la décomposition des roches formant la masse des montagnes voisines. Les atterrissements de ces ruisseaux dans les parties basses de leur vallée, aidés par la main des hommes, ont créé en aval de Renteria et dans la Ensenada del Molinao des remblais assez élevés pour que des digues peu hautes aient suffi à les protéger contre les grandes marées. Cette action envahissante des limons, de l'Oyarzun surtout, a continué dans la baie refoulant constamment la mer et, malgré le courant du goulet entre San Juan et San Pedro, le remblai du bassin était complet; les vases découvraient de 1 *m* à

1,50 *m* par basse mer de vive eau, et une épaisseur de 15 à 20 *m* d'alluvions était déposée sur le fond du rocher.

Ici nous devons rappeler la discussion si brillamment soutenue à la Société des Ingénieurs civils sur les baies à goulet et le maintien de leur profondeur par le courant du flot et du jusant produit par le rétrécissement du canal de sortie. Pasajes, qui, malgré son étroit goulet, s'est envasé jusqu'à l'entrée même, est un exemple en contradiction formelle avec les théories émises sur les goulets et leurs effets. L'envasement ne s'était pas arrêté au goulet, le canal de sortie lui-même commençait à s'emplir et les 200 000 m^3 de sable qu'il a fallu draguer dans ce canal en témoignent.

A Pasajes, le volume des ruisseaux qui débouchent dans la baie peut être considéré comme préjudiciable en comparaison du volume d'eau qui entre avec le flot par le goulet, et les vitesses à l'entrée et à la sortie sont égales. Dans ces conditions, les dépôts lutteraient avec avantage contre les affouillements, car si le volume du dépôt augmente, celui de l'eau qui entre dans la baie diminue, et par suite l'action d'entraînement et les envasements refoulent la mer. Les dimensions de la baie sont telles que l'eau y est d'une tranquillité presque absolue et les courants au goulet se perdent dans l'évasement.

La baie de San Sebastian, à 5 *km* à l'ouest de Pasajes, était aussi une baie à goulet, mais à trois bouches, comme le dit l'ancienne dénomination basque, Yruchulo, avec une rivière peu considérable, l'Urumca. Elle s'est aussi presque complètement ensablée. Des deux îles qui fermaient l'entrée, la plus grande, le Monte Urgull, est reliée à la côte par un vaste isthme de sable sur lequel s'élève aujourd'hui la ville nouvelle, et ce qui reste de l'ancienne baie, la Concha, n'en est plus qu'une petite partie. L'Urumca rejeté à l'est a une petite embouchure séparée que l'Océan ensable tous les ans. Cette baie reçoit les sables jaunes (échantillon n° 1), que la mer Cantabrique balaye le long des côtes depuis le cap Finistère et qu'elle va porter dans la baie de la Bidassoa et sur les côtes des Landes. Ces sables n'ont pénétré à Pasajes que dans le canal. Il est probable que la forme droite de la côte rocheuse, parallèle aux courants du large, sans aucune saillie, n'arrête pas les sables et ne les dirige pas sur Pasajes. Aussi les envasements de Pasajes, produits vaseux de la décomposition des grès et des schistes argileux des montagnes voisines (échantillon n° 3), sont-ils entièrement différents des ensablements de San Sebastian et de la Bidassoa. L'eau de la baie, généralement claire et limpide,

se trouble après les grandes pluies et au reflux de la marée ; ce trouble s'étend dans la mer fort en avant des rochers qui font office de brise-lames et c'est à peine si le reflux nettoye le canal jusqu'à la baie intérieure.

La légende veut que cet envasement du port ait commencé avec le déboisement des Pyrénées ; la baie était profonde alors dans toute son étendue et la fameuse invincible Armada de Philippe II serait partie de Lezo, au fond de la baie, en 1588 pour aller se perdre sur les rochers du Calvados. On construisait des vaisseaux au-dessous du château de Salinas sur une plage qui porte encore le nom d'Artillero del Rey (arsenal du roi). C'est de Pasajes que sont partis La Fayette et Rochambeau allant conduire en Amérique les volontaires français de la guerre de l'Indépendance. Mais nous savons que ces navires étaient peu profonds et qu'ils se couchaient sur la vase des ports, sans pour cela le noter dans les annales. Il est certain que l'envasement de la baie a été très lent, et a duré un grand nombre d'années. Une carte de 1778 donne une situation peu différente de l'état avant le commencement des travaux.

Les vases qui ont remblayé la baie se sont déposées dans l'ordre naturel, les cailloux se trouvent dans le lit de l'Oyarzun sur Renteria et Lezo jusqu'à la presqu'île de Capuchinos où est bâtie une importante fonderie de plomb ; les gros sables se sont rencontrés dans les dragages faits pour créer le mouillage spécial de l'usine (échantillon n° 5, puis en amont le gravier est trop gros pour en donner une petite partie) ; plus avant dans la partie draguée pour la navigation (échantillon n° 4, canal d'accès au mouillage), on n'a retiré qu'un sable vaseux, noir, très fin qui, employé en remblais (échantillon n° 3, pris dans les remblais résultant du dragage), a produit par son tassement des terrassements à peu près imperméables à l'eau. Dans les anses de la Herrera et du Molinao (l'échantillon est pris dans une anse du canal) les envasements répondent au peu de force des ruisseaux qui n'ont pu charier que des bancs et des sables fins.

Il était nécessaire de bien établir l'origine de ces vases pour juger de l'avenir de nos travaux. Napoléon Ier dans ses projets sur l'Espagne avait désigné Pasajes pour en faire un port de guerre.

Il est certain qu'une flotte et des arsenaux renfermés dans ce bassin y jouiraient de la plus absolue sécurité. Les Ingénieurs de l'époque n'avaient pas hésité sur la nature des envasements, et pour en affranchir le port à creuser, ils avaient proposé de barer l'Oyarzun à Capuchinos et de le jeter dans la mer par un tunnel à tra-

vers le Jaizquibel. Ce projet grandiose et radical était d'un conquérant. Il se peut que dans l'avenir la question de l'épuration des eaux de l'Oyarzun se pose d'une façon sérieuse, mais pour le moment elle doit être réservée.

II

TRAVAUX

Pl. 23, fig. 2. Plan de la baie avant les travaux.

Le plan de la baie avant les travaux fait voir que le niveau de la vase s'étendait sur toute la baie, découvrant de 1 *m* les parties basses, de 1,40 *m* vers le milieu et de 2 *m* vers le Capuchinos et dans le fond de la Herrera. Le fond rocheux descend jusqu'à 20 *m* au-dessous du niveau de basse mer et se relève à Ancho pour former un plateau ayant la figure d'un trapèze dont le point haut, près de la ligne des quais, est de 1 *m* au-dessus du zéro. Le zéro adopté à Pasajes est la cote des plus grandes basses mers d'équinoxe et se trouve à 2,12 *m* au-dessous du plan général du nivellement de l'Espagne qui est repéré au niveau moyen de la Méditerranée. Ce zéro découvre quelquefois depuis les dragages de la baie parce que l'amplitude des oscillations de la marée semble avoir sensiblement augmenté, et nous avons vu couvrir une plaque historique marquant la plus haute mer observée. L'amplitude de la marée donnée à l'origine des travaux, de 4,65 *m* pour les grandes marées de vive eau, a atteint 5 *m* à l'équinoxe du printemps de 1888.

Pl. 23, fig. 3. Courbes du mouvement des marées.

Les courbes du mouvement des marées sont très régulières sans étale ni en haut ni en bas (1). Les marées de morte-eau sont comprises entre les cotes + 1,41 *m* et + 3,32 *m* avec une amplitude de 1,91 *m*. Celles de vive eau de 0,00 *m* à 4,74 *m*. Les grandes marées qui quelquefois descendent un peu au-dessous du zéro s'élèvent rarement au-dessus de 4,75 *m* et ne passent cette cote qu'à titre exceptionnel. Les courbes représentées ont été levées du 16 septembre au 3 novembre 1887.

Je ne dirai pas toutes les phases par lesquelles ont passé les projets des travaux avant d'être arrêtés dans leurs formes actuelles.

(1) Établissement du port 3 h. 30′.

Pl. 23, fig. 4. Premiers travaux du port.

La planche 23, figure 4, montre l'état des travaux quand la Société générale du Port de Pasajes a succédé à la Sociedad de Fomento en 1884. Un canal BB de 140 *m* de largeur en crête et de 80 *m* au plafond, dragué à 6 *m* au-dessous de basse mer, réunissait le canal d'entrée à un quai AA dit quai de Ancho, nom du lieu dit. Ce quai de 300 *m* de longueur a son couronnement à + 6 *m* au-dessus du zéro, à 1,25 *m* au-dessus des hautes marées. Le rocher compris entre la route et la rive A C D E avait été enlevé et la route soutenue par un mur afin d'élargir la plate-forme pour l'établissement des voies de raccordement avec la station.

Le quai d'Ancho fondé en son milieu sur les alluvions de la baie et en ses deux extrémités sur le rocher s'est mal tenu. Un mouvement très accentué s'est produit; le milieu a avancé en baissant et l'on a craint longtemps la chute du mur. Ce mouvement qui atteint plus de 0,80*m* en hauteur s'est arrêté; on a pu redonner au quai la cote voulue, mais nous pensons qu'il serait imprudent de draguer devant ce quai pour rétablir la profondeur de 6 *m* qui a été réduite à 4 *m* tant par les envasements que par suite du mouvement en avant de la construction qui a soulevé le fond.

Le remblai F de l'Artillero del Rey était fait pour servir d'atelier de préparation des blocs.

La plate-forme gagnée par le quai AA et les déblais des talus de la route est de 45 à 53 *m* divisée :

En plate-forme des quais. . .	16,00 *m*
Magasins divers	16,50 *m*
Une rue avec voie ferrée . . .	5,00 *m*

le reste occupé par des maisons pour habitations et bureaux et des magasins en façade sur la route. L'ensemble comprend l'édifice de la douane, les bureaux de la Société, deux groupes de trois maisons et douze magasins. Sur un quai aussi étroit (16 *m*), il a été établi trois voies ferrées, de sorte qu'il ne reste qu'un terrain très exigu pour le dépôt des marchandises, ce qui contribue à rendre ces manutentions très difficiles, et, si nous n'appliquions pas la méthode d'exploitation qui sera exposée en son lieu, on serait promptement encombré. La première Société d'exploitation n'avait pas prévu les développements futurs du port, et il n'est pas douteux qu'il y aura nécessité de supprimer la première ligne de magasins, d'en faire des hangars pour dégager les quais et donner passage à une deuxième voie de mouvement général, pour

faciliter les accès aux quais et magasins qui doivent être construits à la Herrera, dans les terrains gagnés sur la mer.

La première voie sert aux grues. La deuxième est la voie de chargement direct ; elle reçoit les wagons qui doivent se mettre sous les grues pour recevoir les marchandises déchargées du navire sur wagon. La troisième voie sert au mouvement général : par elle passent les wagons de vin à décharger devant les navires, les wagons vides qui vont se mettre sous la grue, ceux qui viennent pour charger les marchandises qui sont déposées à quai, et, enfin, ceux destinés aux magasins. La deuxième et la troisième voie sont reliées par des aiguilles, ce qui facilite la traction par les bœufs, mais aux dépens de la place utile des quais. La quatrième voie, enfin, au milieu de la rue, entre les maisons et les magasins, est la voie générale d'arrivée des wagons de la station. Il nous manque une voie de formation des trains pour la sortie. Quand la locomotive a refoulé les wagons venant de la station, elle pourrait prendre les wagons chargés sur la voie de sortie et nous éviter une traction très chère, que nous sommes obligés de faire en détail au moyen des bœufs.

Mode de construction. — A l'emplacement du mur, le fond vaseux a été dragué à 1 *m* plus bas que la cote — 6,00 sur une largeur de 8 *m*, et remblayé de pierrailles jetées à la main et nivelées aussi exactement que possible au moyen de scaphandres. Sur cette couche ont été déposées deux files de blocs : ceux en avant en boutisse, ceux en arrière en travers. Ces blocs ont 3,20 × 1,80 × 1,25, ceux en boutisse étant chanfrénés dans l'angle supérieur. Sur cette première assise, bien réglée par les scaphandres avec des pierres cassées au besoin, il a été déposé une file de blocs de 3,20 × 1,80 × 1,25. Sur cette deuxième assise, une troisième file de blocs de même dimension en retraite de 0,10 *m* sur le parement et, enfin, une quatrième assise posée de la même façon. Sur le dernier rang de blocs, dont la surface supérieure se trouvait environ à 0,80 *m* sous la cote 0, une couche de béton de 1 *m* d'épaisseur a été coulée sous l'eau, pour former l'assise du mur à la cote + 0,20. Par basse mer de vive eau, on a pu alors commencer le mur par un socle en calcaire dur des terrains de transition. Le reste du parement en moellons smillés des grès des montagnes de la baie. Le tout couronné d'une assise de 0,50 *m* d'épaisseur de pierre de taille calcaire de même nature que le socle. La maçonnerie de remplissage était faite des moellons des déblais voisins.

A mesure que les assises des blocs s'élevaient, on remplissait derrière le mur en pierres de déblais de l'élargissement de la plateforme. Cette construction est en tout semblable à celle qui a été adoptée pour le quai transatlantique, dont il est donné un dessin, sauf les dimensions.

Telle était la situation des travaux, lorsque la Société concessionnaire actuelle a pris possession du port.

Avant de décrire les nouveaux projets en cours d'exécution, il est nécessaire de reprendre avec certains détails la description du port et de son entrée.

Le canal s'ouvre sur la mer par une coupure étroite qui a séparé le monte Ulia à l'ouest de Jaizquibel à l'est ; l'identité des roches, la concordance des plans de stratification, leur continuité, ne laissent aucun doute que les deux montagnes ont été unies à l'origine. De chaque côté de l'entrée, deux hauts fonds, les Banchas de l'ouest et de l'est sont les anciennes fondations rocheuses d'un massif enlevé par la mer, qui a rongé la montagne, dont la stratification presque verticale a laissé les côtes sous forme de grands plans unis qui s'élèvent d'une seule pente à plus de 100 *m* au-dessus des flots. Ces hauts fonds ne peuvent se comparer à ceux observés à l'entrée des goulets : ils sont entièrement rocheux. C'est sur un de ces bancs de rocher à pic qu'on a planté le phare, à l'ouest de l'entrée, et sur la montagne, à l'est, la vigie.

La prolongation des bancs de rocher vient presque fermer l'ouverture du canal comme deux immenses brise-lames, Arando Grande et Arando Chiquito. Les fonds de 25 et 30 *m* se trouvent aussitôt à l'extérieur de ces rochers. A l'intérieur, jusqu'à la pointe de Crucès, un avant-port, où les eaux sont relativement tranquilles, s'arrondit en une ellipse dont les axes ont 350 et 500 *m*. A la pointe de Crucès, le même phénomène de l'entrée se reproduit : les deux montagnes sont rapprochées, et les couches rocheuses des deux côtés font voir la cassure récente. La pointe même de Crucès a en petit le dessin des Arandos. A partir de là, le canal, très rétréci, n'a plus que 120 *m* dans sa moindre largeur.

La forme arrondie de cet avant-port avait créé des remous dangereux qui, à Crucès, coupaient le canal en travers par gros temps et rendaient le passage difficile. Pour combattre ces remous, il a été construit une jetée de 110 *m* de longueur, parallèle au chemin à suivre par les navires. Par suite aussi de ces remous, le canal près de Crucès était encombré de grosses pierres formant une

barre qui diminuait la profondeur. Il a été résolu, pour élargir et redresser la passe, que ces rochers seraient enlevés pour donner au moins 6 *m* d'eau près de Crucès par basse mer de vive eau, le canal ayant 8 *m* en son milieu. C'est le seul travail important qui restait à faire dans le canal, après avoir dragué entre San-Juan et San-Pedro, pour régulariser le fond à la cote 8,00. Depuis que la jetée est faite et bien que le fond de Crucès ne soit pas encore complètement rectifié, les vapeurs *Malapan* et *Médoc*, de plus de 6 000 m^3 de déplacement, des Messageries Maritimes, ont pu franchir la passe par basse mer de morte-eau.

Pour terminer les travaux de la passe, il reste à en faire l'éclairage. Ce travail spécial incombe à l'État espagnol, dont les Ingénieurs étudient le projet qu'ils n'ont pas encore arrêté.

Le canal franchi entre San Juan et San Pedro, appelés los Pasajes, on entre dans la baie intérieure. Le chemin de fer étendant ses voies sur la rive sud, c'est sur ce côté qu'il convenait d'établir les premiers quais, dont voici le programme :

Pl. 23, fig. 5. — Plan du port et des travaux nouveaux.

1° Prolongation des quais d'Ancho de 400 *m* vers la Herrera et utilisation des produits du dragage pour gagner une plate-forme de 9 *ha* sur ces envasements. Ce remblai, fait par le refoulement des déblais, produit un excellent terrassement qui se tasse assez vite et devient solide. Les déblais d'une colline rocheuse du fond de la Ensenada sont déposés en dernière couche sur ces remblais et complètent la plate-forme.

Les quais de la Herrera seront fondés sur le rocher à la cote — 5,00 ; il y aura lieu même d'enlever un millier de mètres cubes du rocher, pour donner au bassin la profondeur voulue.

Pl. 23, fig. 6. — Mur du quai avancé.

2° A l'est du quai d'Ancho, un rocher immergé en forme de trapèze servira pour établir un môle en maçonnerie ou qua avancé, dont les fondations suivront à peu près les courbes de niveau. Le mur de l'ouest sera fondé à la cote de — 6,00, celui de tête à — 7,00 et, enfin, le côté est à la cote — 8,00. Le développement de ce quai est de 300 *m*.

Pl. 23, fig. 7 à 12. — Mur du quai transatlantique et son éboulement.

3° A l'est de ce banc de rocher, il avait été projeté un quai en

maçonnerie de 300 *m* de longueur avec 8 *m* d'eau au-dessous de 0. Ne tenant pas assez compte des indications déjà fournies par les mouvements en avant et en affaissement du quai d'Ancho, on avait adopté le même système de fondation, bien que ce nouveau quai dût avoir 14 *m* de hauteur totale et que les vases destinées à recevoir les fondations eussent une épaisseur considérable. Le terrain n'a pu résister à la poussée du remblai et au poids du mur, et, dans la nuit du 20 août 1887, toute la construction s'est effondrée, inutilisant les travaux exécutés pour l'édification de 200 *m* de quai.

Le pied du mur est parti en avant, soulevant le fond dragué de plus de 3 *m*, reproduisant l'accident analogue arrivé pendant la construction des quais de Trieste.

Il n'était pas prudent de reprendre ces travaux, c'était s'exposer à de nouveaux accidents; le mieux était d'abandonner le système de construction en maçonnerie. On a dérasé au niveau de basse mer toute la maçonnerie ; sur cette base, un banc de béton a créé une plate-forme, sur laquelle on a appuyé un quai en bois injecté à la créosote. Cette charpente, de 15 *m* de largeur, rejoint les crêtes des remblais du terre-plein. Cette construction légère a permis d'utiliser immédiatement les travaux faits et de livrer le quai à l'exploitation en temps voulu. Les tassements de la base ont été très faibles depuis, et il a suffi de relever un peu quelques palées du quai en bois pour rétablir les niveaux. Ce quai a 210 *m* de longueur. C'est, pour le moment, le meilleur du port ; on y reçoit les grands paquebots et les navires qui chargent du vin. Le sol, en madriers de 0, 08 *m*, est le plus avantageux pour les manutentions des marchandises de toute nature.

Quant au prolongement éventuel de ce quai, il sera nécessaire de dresser de nouveaux projets pour appuyer une œuvre solide sur un fond de rocher à 17 et 18 *m* au-dessous de la basse mer.

Voies.

Sur ces nouveaux quais, la distance des magasins à l'arête extérieure est de 35 *m*. Cette plate-forme recevra quatre voies : 1° voie des grues ; 2° de chargement direct ; 3° deux voies de mouvement pour l'arrivée et le départ des marchandises. Entre ce dernier groupe et la deuxième voie, des hangars pour recevoir la marchandise en transit. Ces voies sont reliées ensemble par des lignes

transversales avec plaques de 4,60 *m*. En arrière des magasins, une autre voie pour leur service particulier. Actuellement, le port possède sur ses terre-pleins plus de 5 *km* de voies ferrées.

Pour accéder aux quais, la Société Générale du Port a dragué 1 412 055 m^3 de vase dont une partie a été employée en remblais derrière des digues étanches à la Herrera, et aux terre-pleins en élargissement devant la station. Le reste du produit du dragage a été jeté à la mer à 3 milles à l'est de l'entrée du canal. Il reste encore environ 200 000 m^3 à draguer dans le bassin de la Herrera pour terminer le dragage.

Le port restera divisé en trois bassins : 1° de l'entrée entre San Juan et San Pedro jusqu'au quai transatlantique, comprenant le quai est du Môle, un bassin dragué à 8 *m*, avec 300 *m* de quai pour recevoir les grands navires; 2° les quais nord et ouest du Môle et les quais d'Ancho, d'un développement de 500 *m*, sur un bassin de 6 *m* de profondeur au-dessous de zéro ; 3° enfin, le bassin de la Herrera, avec 400 *m* de quai, sur un bassin de 5 *m* de profondeur : formant, le tout, un développement de 1 200 *m* de quai, qui compléteront la deuxième période de travaux.

III

EXPLOITATION

Au point de vue de l'exploitation, le port de Pasajes constitue un type tout spécial qu'il est utile d'étudier. Connaissant l'intérêt que la Société des Ingénieurs civils prend à toutes les choses nouvelles, j'invoquerai surtout ce titre pour demander votre bienveillante attention pour une communication déjà longue, et qui serait sans but si je n'avais à traiter ce chapitre.

La Société concessionnaire des travaux et de l'exploitation n'a reçu de l'État aucune subvention en argent; pour payer l'intérêt des sommes dépensées en travaux et en installations, elle perçoit des droits régaliens sur la navigation à l'entrée de toutes les marchandises d'importation, savoir :

Cabotage national.	Pesetas	0,75 la *t*.
Navigation d'Europe et grand cabotage. .	—	1,25 —
Outre-mer et long cours.	—	2,50 —

Les navires ne payent aucun droit de tonnage, et le refuge est libre dans le port pour tout navire en relâche.

La province de Guipuzcoa a concédé à la Société des droits locaux spéciaux, savoir :

	IMPORTATION	EXPORTATION
	PAR TONNE DE 1 000 *kg*.	
1° Houille, coke, pétrole brut, chaux, ciment, bois, résines, sel commun, kaolin, terres, minerais de toutes provenances	0,25	0,25
2° Céréales et autres marchandises de cabotage	0,50	0,25
3° Marchandises de l'étranger autres que celles spécifiées aux n°s 1 et 2	0,75	0,50
4° Marchandises d'outre-mer autres que celles des n°s 1 et 2	1,00	0,75

Enfin, la Société perçoit des droits de quai, payés par les navires suivant leur tonnage de jauge et par tant de jours de permanence aux quais. Il n'est porté aucune limite au temps que les navires peuvent rester amarrés. Les droits étant perçus par jour, les navires ont tout intérêt à ne rester attachés que le moindre temps possible, et les règlements permettent de les déplacer s'ils ne travaillent pas. Ce en quoi Pasajes diffère essentiellement des autres ports, c'est que la Société concessionnaire s'est chargée de toutes les manutentions des marchandises. Elle pratique à Pasajes *l'exploitation industrielle* du port. Elle reçoit des navires la marchandise sous palan au moment de son arrivée à quai, l'emmagasine, la charge sur wagons et la remet à la station du chemin de fer; elle reçoit aussi la marchandise à la station sur wagon ou à son arrivée sur voiture par voie de terre, la conserve dans ses magasins s'il y a lieu d'attendre l'arrivée des navires, et la livre à quai devant le bateau en charge.

La Société a établi sur les quais huit grues à vapeur, une pour 70 *m* de quai, de 1 500 à 3 000 *kg*, et une grue à main de 15 *t*, qu'elle emploie soit au compte des navires pour leurs opérations, soit pour les manutentions des marchandises qu'elle reçoit ou expédie.

Cette organisation concentre dans une seule main, sous une seule direction, toutes les manutentions qui, dès lors, se font avec beaucoup d'ordre et avec une très grande rapidité. Aussi a-t-il été possible d'atteindre à Pasajes des résultats qui seraient presque impossibles dans un autre port où la manutention, laissée à l'initiative privée, divisée en une foule de mains, produit rapidement l'encombrement.

Pendant l'année dernière, nous avons eu en exploitation 570 *m* de quai, le tonnage s'est élevé à 246 032 *t*, 124 712 à l'importation, 121 320 à l'exportation, soit, par mètre de quai, 432 *t* environ. Mais le dernier semestre ayant été assez faible par suite du manque de vin, objet de notre principal mouvement d'exportation, nous devons chercher la capacité du port dans le mouvement du premier semestre. Il a été de 139 341 *t*, ce qui donnerait à l'année

279 000, soit 490 *t* par mètre de quai, mouvement considéré comme excessif partout. Cependant, le travail s'est fait simplement, sans obligation de service de nuit, respectant le repos du dimanche et les nombreuses fêtes de la catholique Espagne. Aucun navire n'a eu à attendre sa place à quai, aucun n'a été en surestarie ; 571 navires ont été reçus aux quais et ont fait leurs opérations avec la plus grande facilité. Pendant le premier semestre, nous avons eu les quais plusieurs fois complètement vides de navires, et le tonnage est monté à près de 30 000 *t* dans un mois. Il n'est pas douteux pour nous que le mouvement peut s'élever à 350 000 *t*, soit plus de 600 *t* par mètre de quai, sans produire l'encombrement.

La réunion sous une seule direction de tous les services du port a de grands avantages au point de vue des résultats financiers :

1° Pour le commerce. La Société qui perçoit tous les droits et règle les tarifs des manutentions a un intérêt souvent considérable à en diminuer le prix pour attirer les marchandises qui, venant en plus grande quantité, lui payent plus de droits de tonnage. Ainsi, la marchandise générale, qui atteignait 27, 28 et 31 000 *t* de 1885 à 1887, payait 2,50 pesetas pour les manutentions. Le prix a été baissé pour la majeure partie de ces marchandises à 1,50 en janvier 1888 et le tonnage est monté en 1888 à 31 600, et en 1889 à 40 200. Cette marche ascendante continue plus accentuée cette année (1). En 1888, il n'y a pas eu de progrès parce que, ainsi que vous le savez très bien, une modification de tarif ne produit son effet que longtemps après sur le mouvement de la marchandise.

2° Pour la Société concessionnaire.

Tableaux pages 733 et 734.

Si nous nous reportons aux tableaux des résultats de l'exploitation ci-annexés, nous voyons que, en 1887 :

Les droits concédés ont produit	Pesetas.	284 447,70
Les manutentions		380 778,60

Les produits des manutentions entrent donc pour une somme considérable dans le produit total du port. Les manutentions ont coûté 172 612,27 pesetas et ont laissé 208 166,33 pesetas à ajouter aux produits des droits concédés.

Les services administratifs coûtent	0,251	par tonne.
Ceux de l'exploitation	0,701	—
Ensemble	0,952	—
Les droits concédés produisent	1,156	—

(1) 27 000 tonnes dans le premier semestre.

L'exploitation.	1,547	par tonne.
Ensemble	2,703	—
Le produit net ressort à	1,751	—
Il était en 1887 de.	1,536	—
En 1888, de.	1,581	—

Les services s'améliorent donc tous les ans.

L'exploitation commerciale d'un port est donc un des principaux éléments qui doivent attirer l'attention d'une Société qui veut prendre la concession des travaux et de l'exploitation d'un port. Il ne paraît pas facile d'introduire ce système d'exploitation dans nos ports français, où l'on aurait à lutter contre trop d'intérêts particuliers déjà établis et vivant des usages reçus, et contre les idées qui tendent à se généraliser contre le monopole des Sociétés. Mais je n'hésiterais pas à conseiller cette organisation toutes les fois qu'il s'agirait de la création d'un port nouveau dans nos colonies, pays de protectorat ou à l'étranger.

La concentration des services dans les mains d'une Société d'exploitation a encore d'autres avantages :

1° Il n'est pas douteux qu'une Société traitant avec les autorités des douanes locales a bien plus d'influence que des particuliers pour améliorer l'organisation du service et qu'elle peut obtenir des facilités qui, sans nuire aux intérêts de l'État, donnent de grands avantages pour les transactions. Les usages pour les opérations de douane, qui ont été établis avant l'arrivée sur les quais des voies ferrées et les nécessités actuelles de rapidité dans toutes les transactions, doivent se modifier et l'on est conduit à rechercher la charge directe du navire au wagon dans tous les cas compatibles avec la reconnaissance de la marchandise. Et si, à Pasajes, on arrive à débarrasser rapidement des quais trop étroits et à les laisser constamment libres pour des nouveaux chargements, c'est qu'il a été possible de recevoir du vapeur directement sur wagon toutes les marchandises encombrantes qui sont enlevées immédiatement et mises dans des garages où se pratique leur reconnaissance.

2° La Société du Port de Pasajes a pu obtenir de la Compagnie des chemins de fer du Nord de l'Espagne des conventions pour la manutention des wagons qui mettent toujours à sa disposition le nombre de véhicules dont elle prévoit le besoin. C'est elle qui règle l'emploi du matériel, qui est beaucoup mieux utilisé, sans perte de temps, au bénéfice de la Compagnie du chemin de fer et du commerce. Notre mouvement avec la station s'élève quelquefois à 4 000 wagons par mois, tant entrés que sortis.

3° Je disais plus haut qu'aucun navire n'avait été en surestarie malgré le mouvement relativement actif de notre navigation. Ceci est une coquetterie de notre administration. Comme il nous est toujours possible d'accumuler en un point toutes les forces de l'exploitation, nous venons facilement à bout des difficultés qui se présentent.

Comme résultats, nous déchargeons le charbon de terre à raison de 4 à 500 *t* par jour et par vapeur, avec deux grues, en moyenne. Nous avons, avec trois grues, déchargé un navire de 1 600 *t* en deux jours et demi, sans travail de nuit. Avec le travail de nuit, essayé pour se rendre compte de ses possibilités, un vapeur de 1 300 *t* a été déchargé en trente heures. La marchandise générale, toujours plus difficile à manutentionner, se décharge à raison de 250 à 300 *t* par jour, et 7 à 800 pipes de vin peuvent être embarquées dans une journée sur les vapeurs de 12 à 1 400 fûts qui fréquentent notre port.

Nous avons plusieurs lignes régulières de vapeurs qui font le service entre la France, le Nord de l'Europe et l'Espagne.

1° De Bordeaux, départ le mercredi, de Pasajes le samedi ;

2° La ligne de Bordeaux à La Plata, des Messageries maritimes, avec escale à Pasajes, le 29 de chaque mois (quelquefois une escale le 15) ;

3° Deux services de Rouen pour les vins à destination de Paris ;

4° Une ligne de Paris même, quai de Bercy, desservie par deux vapeurs spéciaux de 400 tonneaux ;

5° Deux navires assez réguliers d'Anvers ;

6° Une ligne régulière de Liverpool, départ le jeudi. Sans compter les charbonniers de Cardiff, Newport et Newcastle et les vapeurs de Hambourg, Dantzig, la Norvège, et les grands vapeurs de cabotage qui nous viennent de Barcelone et de Sévilie et nos petits vapeurs de La Rochelle.

Par l'arrivée des minerais des montagnes voisines où des gisements se découvrent tous les jours et la mise en exploitation des riches gisements de la Bidassoa pour lesquelles de grands travaux viennent d'être terminés sous la direction d'un de nos compatriotes, le port de Pasajes, débouché naturel de cette contrée, va entrer dans une phase nouvelle, son tonnage prendra brusquement un rapide accroissement qui nécessitera de nouvelles installations. Aussi la Société se prépare-t-elle à de nouveaux travaux pour rester à la hauteur de sa mission.

PORT DE PASAJES

Résultats de l'Exploitation

DÉPENSES

		1887		1888		1889	
Années		1887		1888		1889	
Tonnages		231.630		211.277		246.032	
		TOTAUX	PAR TONNE	TOTAUX	PAR TONNE	TOTAUX	PAR TONNE
Administration et Direction	Pesetas.	54.513 22	»	50.174 95	»	52.402 62	»
Droit à l'État	—	9.500 »	»	9.500 »	»	9.500 »	»
		64.013 22	0.276	59.674 95	0.282	61.902 62	0.251
Services de l'exploitation	—	197.658 23	0.853	167.965 40	0.796	172.612 27	0.701
DÉPENSES TOTALES D'EXPLOITATION	—	261.671 45	1.129	227.640 35	1.078	234.514 89	0.952
Entretien d'immeubles, assurances	—	13.524 09	»	9.135 75	»	10.748 89	»
DÉPENSES TOTALES DE LA SOCIÉTÉ	—	275.195 54	»	236.776 10	»	245.263 78	»

PORT DE PASAJES

Résultats de l'Exploitation

RECETTES

Années		1887		1888		1889	
Tonnages		231.630		211.277		246.032	
		TOTAUX	PAR TONNE	TOTAUX	PAR TONNE	TOTAUX	PAR TONNE
Droits de tonnage et droits locaux	Pesetas.	266.932 50	1.152	232.646 »	1.102	250.185 20	1.017
Droits de quai	—	34.470 »	0.149	30.480 »	0.144	34.262 50	0.139
PRODUITS DES DROITS CONCÉDÉS	—	301.402 50	1.301	263.126 »	1.246	284.447 70	1.156
Services d'exploitation. 1° Grues	—	35.861 55	0.154	29.718 10	0.141	36.253 80	0.147
Services d'exploitation. 2° Manutentions	—	262.433 80	1.132	254.322 20	1.205	322.835 80	1.312
Services d'exploitation. 3° Magasinages	—	10.872 70	0.079	14.362 50	0.067	21.689 »	0.088
RECETTES DE L'EXPLOITATION	—	318.168 05	1.365	298.402 80	1.413	380.778 60	1.547
Droits concédés et exploitation	—	619.570 55	2.665	561.528 80	2.659	665.226 30	2.703
Dépenses d'exploitation à décompter	—	261.671 45	1.129	227.640 35	1.078	234.514 89	0.952
PRODUITS NETS DE L'EXPLOITATION	—	357.899 10	1.536	333.888 45	1.581	431.711 51	1.751
Domaine de la Société. 1° Locations	—	63.621 40	»	90.424 95	»	88.519 55	»
Domaine de la Société. 2° Service de l'eau	—	5.997 50	»	4.044 95	»	3.373 »	»
Domaine de la Société. 3° Services divers	—	9.520 45	»	7.216 80	»	2.629 »	»
PRODUITS DU DOMAINE	—	79.139 35	»	101.686 70	»	94.521 65	»
TOTAUX DES RECETTES BRUTES	—	698.709 90	»	663.215 50	»	759.747 95	»
TOTAUX DES PRODUITS NETS	—	423.514 36	»	426.439 40	»	494.484 23	»

NOTE

SUR LE

MODE DE SUSPENSION DES VÉHICULES

CONSIDÉRÉ

AU POINT DE VUE DE LA CONSERVATION DES VOIES

DE CHEMINS DE FER ET DE TRAMWAYS

PAR

M. A. FÉRAUD

Je crois devoir résumer tout d'abord, et en la complétant sur quelques points de détail, ma précédente communication, laquelle avait trait à l'amélioration de la suspension des véhicules de chemins de fer et de tramways par l'application *en dedans* des menottes des ressorts à lames (voir *Comptes rendus*, juin 1888, page 757, et juillet 1888, page 190). Cette communication comprenait deux parties :

1° Une partie *théorique*, conduisant à la construction des courbes de flexibilité des ressorts à lames dans différentes hypothèses; (depuis la publication de la communication dont s'agit, j'ai vérifié *expérimentalement* la complète exactitude du tracé de ces courbes à l'aide d'un appareil que quelques-uns de nos collègues ont pu voir à l'Exposition universelle de l'an dernier, et que je tiens, d'ailleurs, à la disposition de ceux que la question peut intéresser);

2° Une partie *expérimentale*, confirmant aussi la partie théorique ci-dessus et de laquelle il résultait que, par la simple inversion du sens de l'inclinaison des menottes (toutes les autres conditions restant les mêmes), la flexibilité *utilisée* d'un même ressort était

considérablement augmentée, doublée même dans certains cas, et que les mouvements oscillatoires dudit ressort prenaient plus d'amplitude en même temps que diminuait le nombre d'ondulations dans un temps donné ;

Ce qui me permettait de conclure que les voyageurs, placés dans un véhicule muni de la suspension à menottes *en dedans*, seraient soumis à moins de trépidations.

Dans ces derniers temps, quelques applications de la suspension à menottes *en dedans* ont été faites, à un autre point de vue, dans le but de donner aux véhicules plus de stabilité en augmentant notablement l'écartement des essieux, et même, dans certains cas, en diminuant en même temps de moitié le poids des ressorts tout en conservant cependant la même flexibilité utilisée. Comme ces applications paraissent avoir donné des résultats satisfaisants, j'ai cru bon de représenter, comme exemple et à la même échelle (pl. 24, fig. 1 et 2), un type de wagon-écurie suspendu : — d'une part, avec menottes *en dehors*, — d'autre part, avec menottes *en dedans* ; et, si j'ai choisi ce véhicule pour exemple, c'est qu'il constitue un cas pour ainsi dire *extrême* d'instabilité, par suite de sa très faible longueur et de la hauteur exceptionnelle du centre de gravité du chargement. La seule inspection comparée des figures 1 et 2 montre suffisamment qu'il est très facile, avec la suspension à menottes *en dedans*, de donner aux essieux l'écartement de 3,750 *m*, maximum permis par les plaques tournantes, et d'augmenter ainsi considérablement la stabilité du véhicule, tandis qu'avec la suspension à menottes *en dehors*, on n'a, en général, pu dépasser 3 *m* ; et, si la considération des plaques tournantes ne devait pas entrer en ligne de compte, cette stabilité pourrait augmenter encore puisque les extrémités extérieures des ressorts pourraient être amenées jusque sur les verticales *ab*, *a'b'* des faux tampons (1).

Les mains de suspension de la figure 2 sont représentées à plus grande échelle par les figures 3, 4 et 5 (2). Comme on le voit sur ces dernières figures, ces mains sont *démontables*, dans le but : d'une part, de supprimer la complication des pièces de forge actuellement employées, d'autre part, de simplifier et d'améliorer

(1) Pour les véhicules à bogies, la suspension à menottes *en dedans* permet aussi des améliorations importantes dans la construction, savoir : 1° Augmentation de l'écartement des axes des pivots, ou *diminution du porte-à-faux des tampons* ; 2° augmentation de l'entre-axe des roues du bogie, ou *diminution de la longueur du châssis*.

(2) L'œil de la maîtresse-lame, au lieu d'être formé par un enroulement de l'extrémité de cette lame, peut être constitué par une douille obtenue à la forge, et j'estime que cette forme, adoptée par la Compagnie italienne des Chemins de fer de la Méditerranée, est, en effet, préférable.

les conditions de mise en place des ressorts. A ce dernier point de vue, il convient, en effet, de rappeler que les Compagnies de chemins de fer sont amenées, par diverses raisons, à faire des véhicules de plus en plus lourds, et que, comme elles désirent avoir des ressorts les plus flexibles possible, elles sont naturellement conduites à leur donner une si grande flèche de fabrication qu'il est absolument impossible de les mettre en place sans leur donner une bande initiale considérable, ce qui constitue, comme on va le voir, un véritable contresens. Considérons la figure 6, dans laquelle : VV représente le dessous du brancard du véhicule, XX′, la verticale sur laquelle se meut le point d'attache des menottes *en dehors*, et ZZ_1, la verticale sur laquelle se meut le point d'attache des menottes *en dedans*. T est la flèche de fabrication du ressort, et *t*, la flèche du ressort avec bande initiale (1). Si XY représente la longueur des menottes dans le cas des menottes *en dehors*, YZ, la longueur des menottes dans le cas des menottes *en dedans*, et si la courbe $Y_1Y'Y$ représente le chemin que parcourt l'axe de l'œil de la maîtresse-lame lorsque le ressort, parti de la flèche de fabrication, arrive à l'aplatissement, on voit que :

1° Dans le cas des menottes *en dehors* (un des points d'attache des menottes étant fixe et rattaché au châssis, et les menottes n'ayant qu'une faible longueur), lesdites menottes ne pourront être mises en place que lorsque l'axe de l'œil de la maîtresse-lame sera venu, comme le montre la figure 6, de Y_1 en Y′, et que le ressort aura subi la bande initiale, autrement dit : la perte de flèche $T - t$. Or, ***l'aplatissement du ressort étant toujours obtenu sous une même charge***, il en résulte qu'en appelant : φ, la flexibilité *moyenne* du ressort, c'est-à-dire la flexibilité par 1 000 *kg*, φ', la flexibilité du même ressort avec bande initiale, et, P, le poids total de la caisse, du châssis et de la charge supplémentaire amenant le ressort à l'aplatissement, nous avons :

$$\varphi = \frac{T}{P}, \quad \varphi' = \frac{t}{P}, \quad \text{d'où } \varphi' = \varphi \frac{t}{T};$$

si, donc, *t* n'est plus que la moitié de T, on aura, par le seul fait de l'inclinaison *en dehors* qu'on a voulu donner aux menottes, diminué *de moitié* la flexibilité *moyenne* du ressort;

(1) Cette flèche *t* peut, *pratiquement*, s'obtenir ainsi pour un véhicule déjà monté sur ressorts à menottes *en dehors* : enlever les entretoises du bas des plaques de garde, puis lever le véhicule sur des crics, ou sur des chandelles, jusqu'à ce que les boîtes à graisse ne portent plus sur les essieux ; à ce moment, les menottes sont devenues horizontales et les ressorts ne supportent plus aucun effort dû au poids de la caisse et du châssis du véhicule. La flèche du ressort est alors la flèche *t* et la bande initiale est $T - t$.

2° Dans le cas des menottes *en dedans*, il saute aux yeux, sur la même figure 6, qu'au contraire, les menottes peuvent *toujours* être mises en place sans donner au ressort une bande initiale, quelle que soit, d'ailleurs, la flèche de fabrication donnée à ce ressort, et, par suite, sans qu'on ait, comme dans le cas précédent, à faire des efforts supplémentaires pour mettre ledit ressort en place. De telle sorte que, pour monter le véhicule, après avoir fixé les ressorts sur leurs boîtes à graisse et enlevé les entretoises x (voir fig. 4 et 5) des mains démontables, il n'y aura qu'à laisser descendre ledit véhicule sur lesdits ressorts, à remettre en place lesdites entretoises, à passer les menottes et à régler.

J'arrive maintenant à ce qui fait plus particulièrement l'objet de ma présente communication, c'est-à-dire à l'influence du mode de suspension des véhicules sur la conservation des voies de chemins de fer et de tramways. On est assez tenté de croire, en général, que les chocs subis par les rails au passage des voitures à voyageurs et des wagons à marchandises sont de peu d'importance comparés à ceux que détermine le passage des machines dont les essieux sont plus chargés, et les ressorts presque toujours très peu flexibles ; or, outre que les chocs produits par les machines sont en très faible nombre et ceux produits par les voitures et par les wagons excessivement nombreux, les déformations subies par les rails sont quelquefois plus importantes au passage d'un wagon qu'au passage d'une machine. Ainsi, dans les savantes études expérimentales faites à la Compagnie du chemin de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, et publiées dans la *Revue générale des Chemins de fer*, notre distingué collègue, M. Coüard, a donné les déformations subies par un rail au passage d'un train de marchandises ; et il fait remarquer que les déformations observées pour les essieux du tender sont plus fortes que celles observées pour les essieux de la machine, et que, pour un wagon, les déformations observées sont supérieures à celles dues aux essieux de la machine et égales à celles dues aux essieux du tender. Il attribue ces déformations à l'action des méplats produits sur les bandages des roues de tender et de wagons par l'action des freins dont ces véhicules sont munis à l'exclusion des machines, et c'est évidemment une des causes qui peuvent se présenter fréquemment ; mais je suis porté à croire que, pour le wagon au moins, vu la très grande influence du mode de suspension au point de vue qui nous occupe (influence qui ressort nettement de ce qui va suivre), la principale cause doit être l'encastrement, ou mieux : l'arc-boutement des

extrémités des ressorts à sellettes dans les cavités qui, par suite de l'usure, se creusent dans les mains de contact, et dont la figure 7 donne, à l'échelle du 1/5, le profil le plus ordinaire. On comprend aisément que, dans de pareilles conditions, les ressorts ne fonctionnant plus du tout, les chocs subis par la voie soient ceux qu'elle recevrait de wagons qui ne seraient suspendus d'aucune façon.

L'augmentation (par le fait de l'application *en dedans* des menottes des ressorts à lames) de la flexibilité *utilisée* des organes élastiques interposés, en quelque sorte, entre les véhicules et la voie permettait, sans doute, de prévoir *théoriquement* une amélioration concomitante dans les effets de détérioration dont je viens de parler, effets qui sont d'autant plus à craindre que les chocs transmis vont d'un matériel roulant plus lourd à des rails de moindre poids. Or, c'est ce que confirme de tout point l'appareil d'essai représenté figure 8 par une vue schématique en élévation, appareil que je tiens aussi à la disposition de ceux que la question peut intéresser et dont suit la légende explicative :

A, plaque de fondation dont le centre porte l'enclume à deux biseaux mousses *a*, et sur les extrémités de laquelle sont fixées les deux colonnes-guides a^1 ; — B, traverse guidée à ses extrémités par les colonnes a^1 et sur laquelle peuvent être fixés, aux points voulus, deux curseurs *b*, qui se terminent inférieurement en forme de fourche et jouent le rôle de mains de suspension ; — C, ressort dont les extrémités sont réunies, par les menottes *c*, aux branches de la fourche des curseurs *b* et dont la partie centrale porte : inférieurement, un poinçon à biseau mousse c^1 guidé en c^2, et supérieurement, une longue tige c^3 guidée dans la traverse B (dans l'appareil d'essai, ce ressort C travaille dans les conditions moyennes des ressorts de véhicules de chemins de fer) ; — D, éprouvette-témoin reposant sur les biseaux mousses de l'enclume *a*, et sur le milieu de laquelle appuie le biseau mousse du poinçon c^1 ; — E, poids évidé au centre, reposant sur la traverse B et permettant d'amener le ressort C aux environs du point d'aplatissement ; — F, mouton constitué par un poids également évidé au centre et qu'on peut laisser tomber de diverses hauteurs.

De la légende explicative qui précède, il résulte qu'en fixant successivement les curseurs *b* en des points convenablement choisis sur la traverse B, on pourra attaquer le ressort C par des menottes disposées : — soit *en dedans*, — soit *en dehors* ; et, comme l'aplatissement dudit ressort s'obtient sous une même charge,

quelles que soient les inclinaisons des menottes, l'appareil, une fois réglé pour une de ces inclinaisons, se trouvera l'être pour toutes. Les éprouvettes-témoins D (que j'établis, de préférence, en les faisant découper à la scie dans une même feuille de plomb laminé, afin qu'elles soient aussi comparables entre elles que possible) doivent être d'une épaisseur telle que, pour un écartement donné des biseaux mousses de l'enclume *a*, elles puissent tout juste supporter, par l'intermédiaire du poinçon à biseau mousse c^1 et sans fléchir, l'action du poids de la traverse B et de toutes les pièces qui y sont rattachées, ainsi que celle du poids complémentaire E, qui, comme il a été dit ci-dessus, permet d'amener le ressort C aux environs du point d'aplatissement (point pour lequel l'étude des effets de la plus ou moins grande flexibilité de ce ressort est surtout intéressante).

Cela entendu, il est facile de comprendre qu'en laissant tomber le mouton F de diverses hauteurs et en faisant varier l'inclinaison des menottes, on obtiendra, pour les éprouvettes-témoins D, différentes déformations, telles que celles indiquées figures 9 et 10, sur lesquelles les flèches de déformation *d*, d^1, représentées à la même échelle, donnent la moyenne des résultats très concordants d'une série d'essais faits avec une *même* hauteur de chute du mouton F, et avec application successive, au ressort C, des menottes *c* disposées *en dedans* et *en dehors*.

Pour interpréter les résultats des essais faits comme il vient d'être dit, j'ai soumis les éprouvettes-témoins D (placées exactement dans les mêmes conditions que celles ci-dessus spécifiées) au choc *direct* du mouton F, par suite sans passer par l'intermédiaire du ressort C; et j'ai trouvé que, pour obtenir les mêmes déformations que celles précédemment produites, les hauteurs de chute dudit mouton devaient être dans le rapport de 1 à 2,535, soit dans un rapport un peu inférieur à celui de 2 à 5. Or, les effets du choc étant proportionnels aux hauteurs de chute du mouton, il suit de là que l'augmentation de la flexibilité utilisée du ressort C (augmentation due à l'application des menottes *c en dedans*) fait disparaître, annihile au passage *un peu plus des 3/5* des effets des chocs qui subsistent après application des menottes *c en dehors*. Il est donc, je crois, permis de conclure que la substitution de la suspension à menottes *en dedans* à la suspension à menottes *en dehors* (déjà reconnue comme avantageuse aux points de vue de l'amélioration de la suspension des véhicules et de la sécurité complète due à la forme de la main de suspension qui embrasse

le ressort) ne peut aussi donner que de bons résultats tant au point de vue de la conservation des voies de chemins de fer et de tramways qu'au point de vue corrélatif de l'amoindrissement des *réactions* desdites voies sur le matériel roulant.

Aussi ai-je pensé qu'il pouvait être bon de signaler ces faits à un moment de l'existence des voies ferrées que caractérise encore assez bien ce passage de nos *Comptes rendus* (Nouveau rail Goliath, juin 1889, page 964) dans lequel la lutte du rail contre les chocs du matériel roulant est comparée à celle de la cuirasse contre les chocs des projectiles. Sans aucun doute, l'augmentation du poids du rail, déjà partiellement mise en pratique par plusieurs Compagnies de chemins de fer, finira par donner la victoire à la voie ; mais ne peut-on considérer tout au moins comme un adjuvant dans cette lutte un mode de suspension des véhicules qui paraît rationnel à de nombreux points de vue, et qui, avec des mains de suspension démontables du genre de celle ci-dessus décrite, arrive à être moins coûteux (soit comme prix de revient, soit comme mise en place des ressorts) que le mode de suspension jusqu'à présent le plus en usage ?

MÉTHODE GÉNÉRALE

DE

DÉTERMINATION DES LIGNES D'INFLUENCE

DANS LES POUTRES PLEINES OU RÉTICULAIRES

ASSUJETTIES A DES CONDITIONS SURABONDANTES

PAR

M. BERTRAND DE FONTVIOLANT

---

1. — La recherche des effets produits par le passage d'un système de charges mobiles sur une poutre quelconque, droite ou courbe, pleine ou réticulaire, se simplifie très notablement par la considération de certaines lignes dites *d'influence*, dont la conception première appartient à M. le professeur Fränkel.

Ces lignes fournissent notamment une solution générale du problème de la détermination des positions les plus défavorables d'un convoi sur un pont; elles font, à ce point de vue, l'objet d'un important chapitre du grand traité de Statique graphique de M. Maurice Lévy.

Commençons par rappeler ce qu'on entend par cette expression : *ligne d'influence :*

Considérons d'abord un arc *plein* reposant sur deux rotules A et B (fig. 1). Soit une charge mobile unique $P=1$ parcourant cet arc : à toute position D de P répondent des valeurs déterminées des réactions des appuis et des forces élastiques développées aux différents points de l'arc. Parmi ces quantités, distinguons, par exemple, la poussée Q. Si, à partir d'un axe horizontal xx', on porte en ordonnée, sur la verticale de D, une lon-

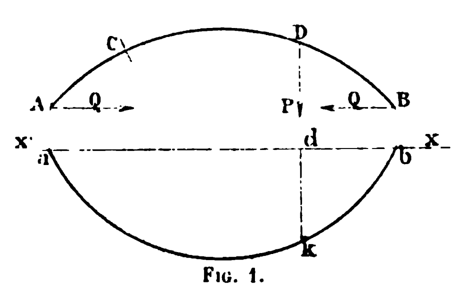


Fig. 1.

gueur *dk* représentant à une certaine échelle la valeur de Q, le lieu du point *k*, lorsque P parcourt l'arc, est la *ligne d'influence* de la poussée.

Si, au lieu de la poussée, nous avions considéré le moment de flexion en une section C arbitrairement choisie, nous aurions obtenu la ligne d'influence du moment de flexion en cette section.

Supposons, maintenant, que l'arc AB soit *réticulaire* (fig. 2). Appliquons la charge mobile P = 1 successivement à chacun des nœuds A,... D_{i-1}, D_i, D_{i+1},... B et portons en ordonnée, sur la verticale de chaque nœud D_i, une longueur $d_i k_i$ représentant à une certaine échelle la valeur de la poussée de l'arc lorsque P est appliquée au nœud D_i. En joignant deux à deux, dans l'ordre de leurs indices, les points k_i, on obtient un polygone qui est la ligne d'influence de la poussée de l'arc réticulaire.

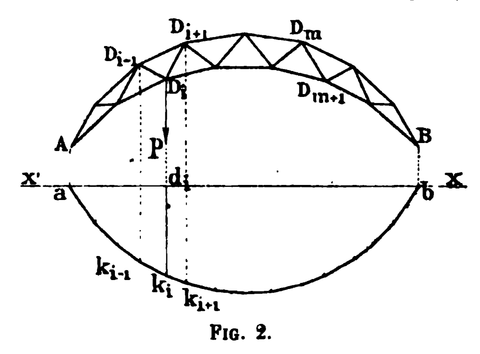


Fig. 2.

Si, au lieu de la poussée, nous avions considéré la tension élastique dans une barre quelconque $D_m D_{m+1}$, nous aurions obtenu la ligne d'influence de la tension élastique dans cette barre.

De quelque poutre qu'il s'agisse, on voit que toutes les quantités y relatives, telles que réactions des appuis, forces élastiques, moments de flexion, tensions longitudinales, efforts tranchants, etc., ont chacune leur ligne d'influence propre.

La recherche des lignes d'influence ne présente aucune difficulté lorsque les réactions de la poutre considérée peuvent être déterminées par les seules règles de la Statique.

C'est, au contraire, un problème assez complexe lorsque la poutre est assujettie à des conditions surabondantes.

M. Maurice Lévy l'a résolu analytiquement, en ce qui concerne les lignes d'influence du moment fléchissant et de l'effort tranchant dans les poutres droites encastrées ou continues, de section constante. Il a également établi de très remarquables théorèmes qui fournissent une construction géométrique simple de la ligne d'influence de la poussée dans des arcs de différents types, de section constante ou variable, pleins ou réticulaires(*).

(*) *Statique graphique*, IIe, IIIe et IVe parties.

Dans un récent Mémoire (*), nous avons donné des théorèmes qui conduisent à des constructions graphiques des diverses lignes d'influence relatives aux poutres droites encastrées ou continues, et aux poutres en arc encastrées à leurs extrémités, que ces poutres soient pleines ou réticulaires, de section constante ou variable.

Ces différentes questions ont été traitées isolément, indépendamment les unes des autres, et les solutions qui en ont été données ne dérivent pas d'une méthode générale qui serait applicable non seulement aux cas étudiés jusqu'à présent, mais encore à toute espèce de poutres assujetties à des conditions surabondantes.

C'est une telle méthode que nous nous proposons d'exposer ici.

Poutres pleines.

LIGNES D'INFLUENCE DES RÉACTIONS DES APPUIS.

2 — Un appui peut être *simple*, à *rotule* ou à *encastrement*.

Les conditions géométriques auxquelles la présence des appuis astreint une poutre pleine quelconque sont de deux espèces seulement, savoir :

1re espèce. — Un point A de la poutre est assujetti à demeurer sur une droite donnée WW′ du plan de flexion ;

2e espèce. — Une section B est assujettie à ne prendre aucun mouvement de rotation.

Un appui simple équivaut à une condition de première espèce : la droite WW′ est, dans ce cas, horizontale.

Un appui à rotule équivaut à deux conditions de première espèce : en effet, astreindre un point de la poutre à rester fixe équivaut à l'astreindre à demeurer à la fois sur deux droites se coupant en ce point.

Un appui à encastrement équivaut à deux conditions de première espèce et une de seconde espèce.

Nous entendons par *réaction* la force capable de tenir lieu d'une condition géométrique donnée, de première ou de seconde espèce. Cette force, hormis le cas d'un appui simple, n'est donc que l'une des composantes de la *réaction totale* de l'appui.

(*) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, tome CVIII, p. 45, et *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils* de mars 1889, p. 416.

La réaction correspondante à une condition de première espèce est une force appliquée au point A, normalement à WW'.

La réaction correspondante à une condition de seconde espèce est un couple appliqué à la section B et dont l'axe est perpendiculaire au plan de flexion.

3. — Théorème fondamental. — *Dans une poutre à fibre moyenne plane, droite ou courbe, de section constante ou variable, assujettie à des conditions surabondantes, les ordonnées de la ligne d'influence de la réaction* F *(force ou couple), équivalente à l'une quelconque de ces conditions, sont proportionnelles aux déplacements verticaux qu'imprimerait aux divers points de la poutre soustraite à la condition considérée, un effort auxiliaire* φ *(force ou couple), égal à l'unité, agissant au lieu et place de la réaction* F *et ne différant par conséquent de cette réaction que par l'intensité.*

Pour fixer les idées, considérons le cas où la réaction F est une force, c'est-à-dire correspond à une condition de première espèce. Soit A son point d'application (fig. 3).

La démonstration serait d'ailleurs la même si F était un couple.

Soit, à un instant donné, D le point d'application de la charge mobile $P = 1$.

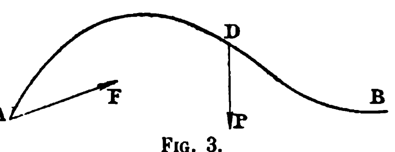


Fig. 3.

Supprimons momentanément la condition de première espèce considérée, sans la remplacer par la réaction équivalente F : le point A, soustrait à cette condition, subit, par l'effet de la charge P, un déplacement dont nous représenterons la projection sur la direction de F par l_A^D.

Appliquons maintenant en A la réaction F : en vertu du principe de la superposition des effet des forces, F annulera le déplacement l_A^D ; de sorte que, si on appelle λ le déplacement qu'une force $\varphi = 1$, de même direction et de même sens que F, imprimerait à son point d'application A, suivant sa propre direction, on a

$$(1) \qquad l_A^D + \lambda F = 0.$$

Mais le principe de la réciprocité des déplacements élastiques (*) donne

$$(2) \qquad l_A^D = l_D^A,$$

(*) Voir notre Mémoire sur les *Déformations élastiques*. (Bulletin de la Société des Ingénieurs civils d'août 1888.)

où l_D^A représente le déplacement vertical que la force $\varphi = P = 1$, appliquée en A et ayant même direction et même sens que F, imprimerait au point D, la poutre étant toujours soustraite à la condition de première espèce considérée.

De (1) et (2) on tire

$$F = -\frac{l_D^A}{\lambda}. \tag{3}$$

Cette formule démontre le théorème énoncé, puisque λ est une constante indépendante de la position de la charge mobile.

Les deux principes invoqués dans la démonstration précédente s'appliquent, non seulement à une poutre unique, mais aussi à un système de poutres reliées entre elles d'une manière quelconque. Il en est de même, par conséquent, du théorème énoncé (*).

4. — Ce théorème ramène la recherche de la ligne d'influence de la réaction équivalente à une condition surabondante quelconque, à la détermination des déplacements verticaux produits par la force auxiliaire φ.

Ainsi se trouve maintenant levée la principale, sinon l'unique difficulté du problème qui résultait de la mobilité de la charge.

5. — La détermination des déplacements verticaux l_D^A peut se faire soit analytiquement, ce qui est fort long, soit graphiquement, ce qui est, au contraire, assez rapide.

Dans ce second cas, en appliquant les méthodes exposées dans deux de nos précédents Mémoires (**), on est conduit immédiatement au théorème suivant qui donne une solution rigoureuse et deux solutions approchées du problème général de la construction géométrique des lignes d'influence des réactions dans les poutres assujetties à des conditions surabondantes.

Théorème. — 1° *Si on néglige les déformations de l'ordre de la tension longitudinale et de l'effort tranchant, la ligne d'influence de la réaction* F *(force ou couple), équivalente à l'une quelconque des conditions surabondantes auxquelles est soumise une poutre pleine donnée, est une courbe funiculaire correspondante à des forces fictives verticales ap-*

(*) Il convient même d'ajouter que la validité de ce théorème n'est pas subordonnée aux hypothèses restrictives de la Résistance des Matériaux et qu'il s'étend aux corps solides isotropes ou cristallisés qu'on considère dans la Théorie mathématique de l'Élasticité.

(**) Mémoire sur les *déformations élastiques* et Mémoire sur la *Statique graphique des arcs élastiques*. (Bulletins de la Société des Ingénieurs civils de mars 1889 et d'avr. 1890.)

pliquées à tous les éléments ds de la fibre moyenne de la poutre et dont les intensités ont pour valeur $\frac{\mu}{I}\,ds$, *I étant le moment d'inertie constant ou variable des sections transversales de la poutre, et* μ *désignant les moments fléchissants qui seraient produits au divers points de la poutre soustraite à la condition surabondante considérée, par un effort auxiliaire* φ *(force ou couple), égal à l'unité, agissant au lieu et place de* F.

La ligne de fermeture de cette courbe funiculaire est une droite qui la coupe sur les verticales des appuis simples et des appuis à rotule, et qui lui est tangente aux points situés sur les verticales des appuis à encastrement. (Il faut toutefois excepter de ces appuis celui auquel correspond la réaction F *considérée.)*

2° — *Si on ne néglige que les déformations de l'ordre de l'effort tranchant, la ligne d'influence de la réaction* F *s'obtient immédiatement par le tracé d'un polygone funiculaire correspondant à des forces fictives verticales* $\frac{\mu'}{2I}\frac{ds}{d\sigma'}\,d\sigma' = \frac{\mu'}{2I}\,ds$, *appliquées à tous les éléments* $d\sigma'$ *des deux lignes conjuguées de la poutre,* μ' *désignant les moments conjugués développés aux divers points de ces deux lignes par l'effort auxiliaire* φ *agissant comme il a été dit au 1°.*

La ligne de fermeture de ce polygone est une droite qui coupe la ligne d'influence cherchée, sur les verticales des appuis simples et des appuis à rotule, et qui lui est tangente aux points situés sur les verticales des appuis à encastrement. (Il faut toutefois excepter de ces appuis celui auquel correspond la réaction F *considérée.)*

3° — *Si on ne néglige aucune déformation, la ligne d'influence cherchée s'obtient immédiatement par le tracé d'un polygone funiculaire des forces fictives verticales* $\frac{\mu''}{3I}\frac{ds}{d\sigma''}\,d\sigma'' = \frac{\mu''}{3I}\,ds$, *appliquées à tous les éléments* $d\sigma''$ *de trois lignes conjuguées principales ou non,* μ'' *désignant les moments conjugués développés aux divers points de ces trois lignes par l'effort* φ *défini ci-dessus.*

La ligne de fermeture de ce polygone est une droite jouissant des propriétés énoncées au 2°.

LIGNES D'INFLUENCE DIVERSES RELATIVES A UNE SECTION QUELCONQUE.

6. — Les lignes d'influence des réactions des appuis étant supposées construites, il est facile d'en déduire les diverses lignes d'influence relatives à une section quelconque de la poutre.

Considérons, pour fixer les idées, la ligne d'influence du mo-

ment de flexion M en une section C arbitrairement choisie (fig. 4); la méthode que nous allons indiquer s'appliquerait d'ailleurs à la détermination de la ligne d'influence de toute autre quantité dépendant des forces élastiques dans cette section.

On sait que le moment de flexion en une section quelconque est une fonction linéaire des forces situées à droite ou des forces situées à gauche de cette section. Par conséquent, la charge mobile P étant supposée appliquée en un point D situé à gauche de C, le moment M a pour expression

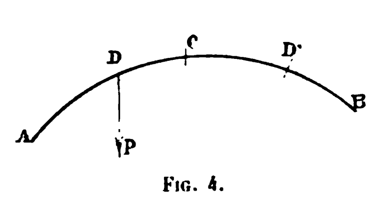


Fig. 4.

$$M = \Sigma a_d F_d,$$

où F_d désigne l'une quelconque des réactions sur les appuis situés à droite de C, et a_d un coefficient constant, indépendant de la position de P.

Les réactions F_d sont représentées par les ordonnées au point D, des lignes d'influence de ces réactions. En calculant ou en construisant l'expression $\Sigma a_d P_d$, on obtiendra l'ordonnée au point D, de la ligne d'influence de M.

En répétant cette opération pour diverses positions de P sur le tronçon AC, on déterminera autant de points qu'on voudra de la portion de ligne d'influence afférente à ce tronçon.

De même, l'ordonnée en tout point D' situé à droite de C, s'obtiendra par le calcul ou la construction de l'expression $\Sigma a_g F_g$, où F_g désigne l'une quelconque des réactions développées sur les appuis situés à gauche de C, lorsque la charge P passe en D', et a_g un coefficient constant, indépendant de la position de la charge P.

7. — *Détermination directe.* — Nous allons montrer maintenant comment toute ligne d'influence relative à une section quelconque peut aussi être déterminée directement, c'est-à-dire sans qu'il soit nécessaire de tracer au préalable les lignes d'influence des réactions des appuis.

Quelques indications préliminaires sont utiles.

Soit une poutre AB, droite ou courbe, assujettie à des conditions surabondantes et soumise à des charges données (fig. 5).

Les forces élastiques développées en une section C quelconque, considérées comme actions de la partie de poutre BC sur celle AC, sont réductibles à leur résultante de translation Φ en un point J

arbitrairement choisi dans la section et à un couple M_J dont l'axe est perpendiculaire au plan de flexion.

Les composantes de Φ suivant la tangente Cx à la fibre moyenne et suivant la normale Cy sont respectivement la tension longitudinale et l'effort tranchant en C.

Nous appellerons M_J *couple élastique au point* J.

Il varie avec la position de ce point ; et lorsque J coïncide avec le centre de gravité C de la section C, il devient le *couple* ou *moment de flexion* en C.

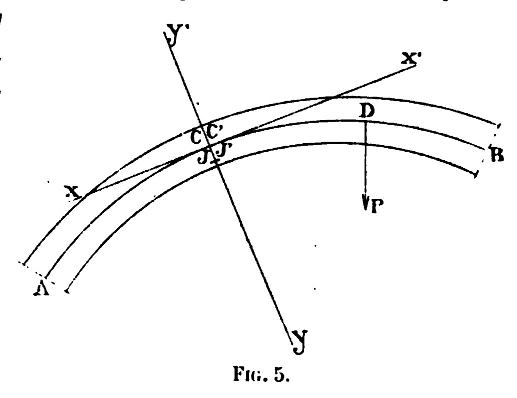


Fig. 5.

8. — Scindons la poutre en deux tronçons AC, BC′ suivant le plan yy' et appliquons ensuite :

1° Au point J du tronçon AC une force $+\Phi$ et à la section extrême C dudit tronçon un couple $+M_J$;

2° Au point J′ du tronçon BC′ une force $-\Phi$ et à la section extrême C′ dudit tronçon un couple $-M_J$.

Rien n'est changé à l'état primitif d'équilibre statique et élastique de l'ensemble de la poutre : les sections C et C′ des tronçons AC et BC′ restent donc en coïncidence.

Cela posé, il est clair que nous ne modifions pas non plus l'état de ces tronçons en les réunissant entre eux par une rotule placée au point (J, J′).

Dès lors les deux résultantes $+\Phi$ et $-\Phi$, qui apparaissaient comme forces extérieures relativement aux tronçons indépendants AC et BC′, deviennent des forces intérieures relativement à la poutre A(J, J′)B articulée en (J, J′). Par suite, les seules forces extérieures directement appliquées à cette poutre articulée, sont les charges données et les couples $+M_J$ et $-M_J$.

En exprimant que ces forces n'impriment aucun déplacement angulaire relatif aux sections C et C′ de ladite poutre, nous obtiendrons une équation qui fournira la valeur du couple élastique M_J. Soient à cet effet :

g_C, $g_{C'}$ les déplacements angulaires absolus que prendraient respectivement les sections C et C′ si les charges données agissaient

seules ; le déplacement de la section C′ relativement à celle C serait dans ces conditions $g_{C'} - g_C$;

γ_C, $\gamma_{C'}$ les déplacements angulaires absolus que prendraient les sections C et C′ sous l'action simultanée et exclusive de deux couples égaux à $+1$ et à -1, appliqués respectivement sur les dites sections C et C′.

La condition que nous avons en vue est immédiatement fournie par le principe de la superposition des effets des forces ; elle est

(4) $$g_{C'} - g_C + M_J(\gamma_{C'} - \gamma_C) = 0.$$

9. — *Ligne d'influence du couple élastique en un point J arbitrairement choisi.* — Revenons maintenant à la poutre donnée AB (fig. 5) et proposons-nous de déterminer la ligne d'influence du couple élastique M_J.

Soit, à un instant quelconque, D le point d'application du poids mobile unique $P = 1$.

Coupons la poutre suivant la section normale C passant par J et réunissons les deux tronçons AC et BC′ ainsi formés par une rotule placée en (J, J′).

Soient g_C^D, $g_{C'}^D$, les déplacements angulaires absolus imprimés respectivement aux sections C et C′ des tronçons AC et BC′ par le poids P appliqué au point D de la poutre articulée A(J, J′)B.

L'équation (4) donne

(5) $$g_{C'}^D - g_C^D + M_J(\gamma_{C'} - \gamma_C) = 0.$$

Désignons maintenant par l_D^C le déplacement vertical qu'imprimerait au point D de la poutre articulée, un couple d'intensité $+P = +1$ appliqué à la section extrême C du tronçon AC ; et par $l_D^{C'}$ le déplacement similaire que produirait un couple $+P = +1$ appliqué à la section extrême C′ du tronçon BC′.

On a, en vertu du principe de la réciprocité des déplacements,

$$g_C^D = l_D^C \qquad \text{et} \qquad g_{C'}^D = l_D^{C'}.$$

Substituant dans (5) et tirant M_J, il vient :

$$M_J = \frac{(l_D^{C'} - l_D^C)}{-(\gamma_{C'} - \gamma_C)}.$$

Mais, d'après le principe de la superposition des effets des forces, $l_D^{C'} - l_D^C$ est le déplacement vertical l que prendrait le

point D de la poutre articulée A(J, J′)B, sous l'action simultanée et exclusive de deux couples d'intensités $+1$ et -1, respectivement appliqués aux sections C′ et C; de même $-(\gamma_{C'}-\gamma_C)$ est le déplacement angulaire γ de la section C′ relativement à la section C, imprimé par les mêmes couples.

On a donc finalement

$$M_J = \frac{l}{\gamma},$$

formule qui conduit immédiatement à la proposition suivante :

Théorème fondamental. — *Pour déterminer la ligne d'influence du couple élastique* M_J *relatif à un point* J *arbitrairement choisi d'une poutre pleine* AB, *droite ou courbe, assujettie à des conditions surabondantes :*

Scindez la poutre en deux tronçons AC, BC′, *suivant la section normale passant par* J *et articulez ces deux tronçons au moyen d'une rotule placée en* J; *enfin, appliquez à l'extrémité* C′ *du tronçon* BC′ *un couple auxiliaire positif égal à l'unité, et à l'extrémité* C *du tronçon* AC *un couple égal et contraire au premier.*

Les déplacements verticaux des divers points de la ligne moyenne, sous l'action de ces deux couples, représenteront, à un facteur constant près, les ordonnées correspondantes de la ligne d'influence cherchée.

Ce facteur constant est égal à la rotation relative des sections C′ *et* C *sous l'action de ces mêmes couples.*

10. — *Ligne d'influence du moment de flexion en une section* C *arbitrairement choisie.* — Le théorème précédent résout immédiatement la question : le point J coïncide alors avec le centre de gravité C de la section considérée.

11. — *Ligne d'influence de la tension élastique par unité de surface, développée en un point arbitrairement choisi d'une fibre quelconque.*

Soient : F le point considéré (fig. 6); Ω l'aire de la section transversale contenant ce point, ρ son rayon de giration autour d'un axe passant par son centre de gravité C et perpendiculaire au plan de la fibre moyenne.

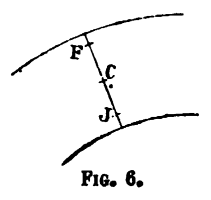


Fig. 6.

Construisons un point J, tel que

$$CF \times CJ = -\rho^2,$$

en convenant que CF et CJ sont positifs au-dessous de C et négatifs au-dessus.

On démontre facilement que la tension élastique R par unité de surface au point F est exprimée par la formule

$$R = -\frac{M_J}{\Omega \times CJ}.$$

R et M_J sont donc des quantités proportionnelles et ont, par suite, même ligne d'influence si les échelles adoptées pour représenter ces quantités sont convenablement choisies.

Le théorème fondamental du nº 9 résout donc la question.

12. — *Ligne d'influence de l'effort tranchant.* — Par des raisonnements analogues à ceux des nºs 8 et 9, on démontrerait la proposition suivante :

THÉORÈME FONDAMENTAL. — *Pour déterminer la ligne d'influence de l'effort tranchant en une section* C *arbitrairement choisie d'une poutre pleine* AB (fig. 5), *droite ou courbe, assujettie à des conditions surabondantes :*

Scindez la poutre en deux tronçons AC, BC', *suivant la section* C, *puis réunissez les extrémités* C *et* C' *de ces tronçons par un dispositif s'opposant à tout mouvement relatif des sections* C *et* C', *autre qu'un glissement* (*) ; *enfin, appliquez à l'extrémité* C' *du tronçon* BC' *une force auxiliaire égale à l'unité, dirigée suivant la normale* Cy *à la fibre moyenne, et à l'extrémité* C *de* AC *une force égale et contraire à la première.*

Les déplacements verticaux des divers points de la fibre moyenne, sous l'action de ces deux forces, représenteront, à un facteur constant près, les crdonnées correspondantes de la ligne d'influence cherchée.

Ce facteur constant est égal au glissement de la section C' *relativement à la section* C, *sous l'action de ces mêmes forces.*

13. — *Ligne d'influence de la tension longitudinale.* — Le théorème suivant se démontrerait encore de la même manière.

THÉORÈME FONDAMENTAL. — *Pour déterminer la ligne d'influence de la tension longitudinale en une section* C *arbitrairement choisie d'une poutre pleine* A B, *droite ou courbe, assujettie à des conditions surabondantes :*

Scindez la poutre en deux tronçons A C, B C', *suivant la section* C, *puis réunissez les extrémités* C *et* C' *de ces tronçons par un dispositif s'opposant à tout mouvement relatif des sections* C *et* C', *autre qu'une translation parallèle à la tangente* Cx *à la fibre moyenne ; enfin, appli-*

(*) La réalisation matérielle de ce dispositif est ici hors de cause.

quez au point C′ du tronçon BC′ une force auxiliaire égale à l'unité, dirigée suivant Cx et au point C de AC une force égale et contraire à la première.

Les déplacements verticaux des divers points de la fibre moyenne sous l'action de ces deux forces représenteront, à un facteur constant près, les ordonnées correspondantes de la ligne d'influence cherchée.

Ce facteur constant est égal à l'écartement relatif des points C′ et C sous l'action de ces mêmes forces.

14. — *Construction géométrique.* — On remarquera l'analogie des théorèmes qui précèdent avec celui du numéro 3. Ils ramènent, comme celui-ci, la recherche des lignes d'influence à la détermination des déplacements verticaux imprimés aux divers points de la fibre moyenne par des forces fixes agissant dans des conditions spéciales.

Ces déplacements s'obtiendront, soit par un calcul sur lequel nous n'insisterons pas, soit par une construction géométrique fournie par la triple proposition suivante, qui se démontre facilement par des considérations analogues à celles exposées dans nos deux mémoires déjà cités :

1° Si on néglige les déformations de l'ordre de la tension longitudinale et de l'effort tranchant, la courbe représentative des déplacements verticaux des divers points d'une poutre pleine, composée de plusieurs tronçons reliés entre eux d'une manière quelconque, et sollicitée par des forces également quelconques qui y développent des moments fléchissants μ, est une courbe funiculaire correspondante à des forces fictives verticales $\frac{\mu}{I}\,ds$, appliqués aux différents éléments ds de la fibre moyenne. Dans chaque tronçon, la ligne de fermeture de cette courbe funiculaire est une droite dont la position dépend des liaisons du tronçon considéré avec les deux tronçons qui lui sont contigus.

2° Si on ne néglige que les déformations de l'ordre de l'effort tranchant, la courbe représentative dont il s'agit, s'obtient immédiatement par le tracé d'un polygone funiculaire des forces fictives verticales $\frac{\mu'}{2I}\,\frac{ds}{d\sigma'}\,d\sigma' = \frac{\mu'}{2I}\,ds$, appliquées aux différents éléments $d\sigma'$ des deux lignes conjuguées de l'arc, μ' désignant les moments conjugués développés aux divers points de ces deux lignes, par les forces appliquées sur la poutre. Dans chaque tronçon la ligne de fermeture est une droite comme au 1°.

3° Pour tenir compte de toutes les déformations, il suffit de remplacer les forces fictives du 2° par des forces fictives verticales $\frac{\mu''}{3\,I}ds$, appliquées aux différents éléments $d\sigma''$ de trois lignes conjuguées, principales ou non, de la poutre, μ'' désignant les moments conjugués aux divers points de ces trois lignes. Dans chaque tronçon, la ligne de fermeture est une droite comme au 1° et au 2°.

On voit donc, en dernière analyse, que *pour construire l'une quelconque des diverses lignes d'influence relatives à une section C donnée, d'une poutre quelconque, il suffit de tracer une courbe ou un polygone funiculaire correspondant à des forces fictives verticales qu'on prendra égales soit à* $\frac{\mu}{I}ds$, *soit à* $\frac{\mu'}{2\,I}ds$, *soit à* $\frac{\mu''}{3\,I}ds$, *suivant le degré d'approximation qu'on désirera obtenir, et qu'on appliquera soit aux éléments ds de la fibre moyenne, soit aux éléments* $d\sigma'$ *ou* $d\sigma''$ *des lignes conjuguées :* μ, μ', μ'' *désignant les moments fléchissants ou les moments conjugués produits dans la poutre par les couples ou forces auxiliaires égaux à l'unité, définis aux théorèmes des numéros 9, 12 et 13.*

On remarquera que toutes les propositions qui précèdent s'appliquent non seulement à une poutre pleine unique assujettie à des conditions surabondantes, mais aussi à un système de pareilles poutres reliées entr'elles d'une manière quelconque.

Poutres réticulaires

LIGNES D'INFLUENCE DES RÉACTIONS DES APPUIS.

15. — Les conditions auxquelles une poutre réticulaire plane peut être assujettie, sont d'une seule espèce, savoir : Un nœud A est astreint à demeurer sur une droite donnée du plan de la poutre.

On voit immédiatement que :

1° Un nœud simplement appuyé est soumis à une seule condition ;

2° Un nœud assujetti à rester fixe est soumis à deux conditions.

Pour étendre aux poutres réticulaires le théorème du n° 3, relatif aux poutres pleines, il suffit de faire remarquer que les principes de la superposition des effets des forces et de la réciprocité

des déplacements, sur lesquels nous avons fondé la démonstration de ce théorème, s'appliquent aussi bien aux poutres réticulaires qu'aux poutres pleines. Donc :

THÉORÈME FONDAMENTAL. — *Dans une poutre réticulaire assujettie à des conditions surabondantes, les ordonnées des sommets de la ligne polygonale d'influence de la réaction* F *équivalente à l'une quelconque de ces conditions, sont proportionnelles aux déplacements verticaux qu'imprimerait aux divers nœuds de la poutre soustraite à la condition surabondante considérée, une force auxiliaire* φ, *égale à l'unité, agissant au lieu et place de* F *et ne différant par conséquent de* F *que par l'intensité.*

16. — Si, négligeant les déformations des *barres de remplissage*, on applique à la détermination des déplacements verticaux produits par la force φ, la construction indiquée dans notre travail précité sur les Déformations élastiques, on reconnaît immédiatement que :

THÉORÈME. — *Les ordonnées de la ligne d'influence de la réaction* F, *équivalente à l'une quelconque des conditions surabondantes auxquelles est soumise une poutre réticulaire donnée, sont proportionnelles aux segments de verticales compris entre le polygone funiculaire et la ligne de fermeture ci-après définis.*

Ce polygone, de distance polaire d'ailleurs arbitraire, correspond à des forces fictives verticales appliquées à tous les nœuds de la poutre et dont les intensités ont pour valeurs $\frac{\mu s}{Sh^2}$, *h étant la distance de chaque nœud à la barre opposée,* S *la section et s la longueur de cette barre, et enfin* μ *désignant les moments fléchissants qui seraient produits aux divers nœuds de la poutre soustraite à la condition surabondante considérée, par une force auxiliaire* $\varphi = 1$ *agissant au lieu et place de* F.

La ligne de fermeture est une droite ; elle coupe le polygone funiculaire, en des points situés sur les verticales des nœuds d'appui, à l'exception toutefois du nœud auquel est relative la réaction F *considérée.*

LIGNE D'INFLUENCE DE LA TENSION ÉLASTIQUE DANS UNE BARRE QUELCONQUE.

17. — Par un raisonnement analogue à celui des nos 8 et 9, on établirait la proposition suivante :

THÉORÈME FONDAMENTAL. — *Pour déterminer la ligne d'influence de*

la tension élastique totale dans une barre donnée $D_m D_{m+1}$ *d'une poutre réticulaire quelconque assujettie à des conditions surabondantes :*

Supprimez cette barre et appliquez au nœud D_{m+1} *une force auxiliaire égale à l'unité, dirigée suivant* $D_m D_{m+1}$ *et au nœud* D_m *une force égale et contraire à la première.*

Les déplacements verticaux des divers nœuds de la poutre sous l'action de ces deux forces, représenteront, à un facteur constant près, les ordonnées de la ligne d'influence cherchée.

Ce facteur constant est égal à l'écartement relatif des deux nœuds D_m, D_{m+1}, *sous l'action de ces mêmes forces.*

18. — *Construction géométrique.* — On verrait, de la même manière qu'au n° 14, que :

La ligne d'influence de la tension élastique totale dans une barre arbitrairement choisie d'une poutre réticulaire quelconque, assujettie à des conditions surabondantes, se compose de tronçons d'un polygone funiculaire correspondant à des forces fictives verticales $\frac{\mu s}{Sh^2}$, *appliquées à chaque nœud, h étant la distance de ce nœud à la barre opposée,* S *la section et s la longueur de cette barre, et* μ *désignant le moment fléchissant produit en ce même nœud par les forces auxiliaires définies au théorème précédent.*

Applications.

19. — Nous ne pourrions, sans sortir des limites qui nous sont imposées, appliquer la théorie qui précède aux différents types de poutres employés dans la construction des ponts métalliques. Les trois exemples suivants suffiront d'ailleurs amplement à montrer le parti qu'on peut tirer de cette théorie.

1° Ligne d'influence de la poussée d'un arc reposant sur deux rotules A *et* B *de niveau (fig. 7).* — Lappui à rotule B équivaut à deux conditions de première espèce (n° 2) Le point B de la poutre peut, en effet, être considéré comme assujetti à demeurer à la fois : 1° sur la corde ABx ; 2° sur la normale By à cette corde. Les réactions équivalentes à ces conditions sont l une verticale, l'autre horizontale.

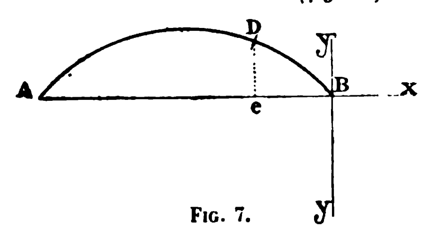


Fig. 7.

On reconnait facilement que la ligne d'influence de la réaction

verticale est statiquement déterminée ; nous ne nous en occuperons pas.

Quant à celle de la réaction horizontale ou poussée, elle est fournie par le théorème du n° 5.

Supprimons la condition surabondante 2°; autrement dit, laissons le point B libre de se mouvoir sur l'horizontale Ax ; puis, appliquons en ce point, la force auxiliaire $\varphi = 1$ définie au théorème ; cette force a même point d'application, même direction et même sens que la poussée. Le moment de flexion qu'elle détermine en un point quelconque D de l'arc, est

$$\mu = \varphi y = y,$$

y désignant l'ordonnée de ce point mesurée à partir de Ax.

Donc, en vertu du 1° du théorème invoqué plus haut, et en négligeant les déformations dues à la tension longitudinale et à l'effort tranchant :

La ligne d'influence de la poussée est une courbe funiculaire correspondant à des forces fictives verticales $\frac{yds}{I}$ appliquées aux divers éléments ds de la ligne moyenne, et dont la droite de fermeture passe par les points d'intersection de cette courbe avec les verticales des rotules.

Cette importante proposition est due à M. Maurice Lévy qui l'a établie par d'autres considérations.

Elle se trouve immédiatement généralisée par le 2° et le 3° du théorème du n° 5, en ce qui concerne la considération des déformations de l'ordre de la tension longitudinale et de l'effort tranchant.

2° *Lignes d'influence des réactions des appuis d'une poutre continue.* — Soit A_0A_n une poutre à n travées (fig. 8), dont les appuis in-

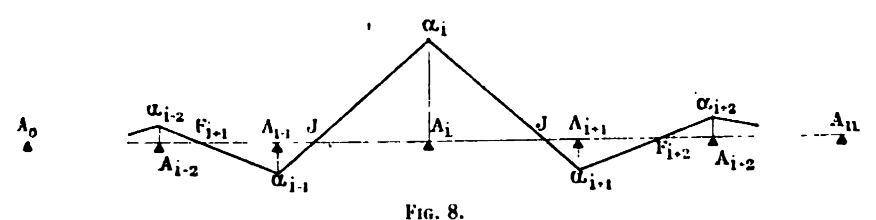


Fig. 8.

termédiaires sont simples, et les appuis extrêmes, simples ou à encastrement.

Un appui simple quelconque A_i équivaut à une condition de première espèce ; la réaction correspondante est une force verticale V_i dont nous obtiendrons la ligne d'influence au moyen du théorème du numéro 5.

Supprimons l'appui A_i et appliquons au point correspondant de

la poutre, une force $\varphi = 1$, verticale et ascendante comme V_i. Cette force produit dans la poutre à $(n - 1)$ travées $A_0 \ldots A_{i-1}$ $A_{i+1} \ldots A_n$, des moments fléchissants qui se déterminent sans difficulté (*).

Leur diagramme $\ldots\ldots x_{i-2} x_{i-1} x_i x_{i+1} \ldots$ se compose : 1° dans la travée $A_{i-1}A_{i+1}$, de deux droites se coupant sur la verticale de A_i et rencontrant $A_{i-1}A_{i+1}$ en deux points J et J′ situés dans les tiers extrêmes de la dite travée ; 2° dans les travées situées à gauche de A_{i-1}, de droites passant par les foyers de gauche de ces travées ; 3° dans les travées situées à droite de A_{i+1}, de droites passant par les foyers de droite de ces travées.

Il convient de remarquer que ces foyers sont communs à la poutre donnée et à la poutre à $(n - 1)$ travées, obtenue par la suppression de l'appui A_i.

Cela posé, si on désigne par Z les ordonnées du diagramme dont il s'agit, le théorème du numéro 5 conduit immédiatement à la proposition suivante :

La ligne d'influence de la réaction V_i est une courbe funiculaire correspondant à des forces fictives verticales $\frac{Zdx}{I}$, appliquées à tous les éléments dx de la poutre, et dont la ligne de fermeture est une droite qui la coupe en des points situés sur les verticales de tous les appuis autres que A_i. De plus, cette droite de fermeture est tangente aux extrémités de la funiculaire, si les appuis extrêmes comportent des encastrements.

3° *Lignes d'influence des moments fléchissants sur appuis, dans une poutre continue.* — Les appuis intermédiaires sont simples ; les appuis extrêmes comportent ou non des encastrements.

Soit à déterminer la ligne d'influence du moment fléchissant sur un appui quelconque A_i (fig. 9).

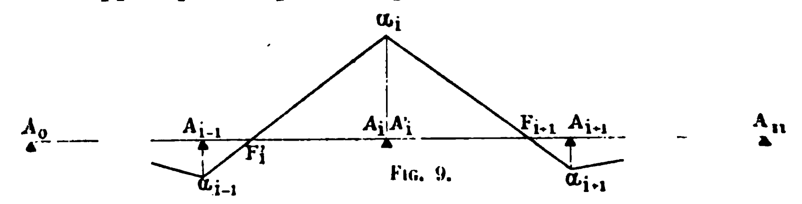


Fig. 9.

Conformément aux indications des numéros 9 et 10, scindons la poutre en deux tronçons A_0A_i, $A_nA'_i$, suivant la section passant par A_i, et articulons ces deux tronçons au moyen d'une rotule pla-

(*) On emploira avec avantage l'élégante méthode de M. Maurice Lévy. (*Statique graphique*, IIe partie, pages 181 et 313.)

cée au centre de gravité de cette section. Enfin, appliquons à l'extrémité A'_i du tronçon $A_nA'_i$, un couple auxiliaire + 1, et, à l'extrémité A_i de A_0A_i, un couple auxiliaire — 1.

Les déplacements verticaux des divers points de la poutre, sous l'action de ces couples, sont proportionnels aux ordonnées correspondantes de la ligne d'influence cherchée.

Construisons ces déplacements par la méthode indiquée aux paragraphes 34 et 35 de notre Mémoire sur les déformations élastiques.

A cet effet, déterminons d'abord les moments fléchissants produits respectivement par les couples + 1 et — 1 dans les tronçons $A_nA'_i$ et A_0A_i.

Dans les sections A_i et A'_i, ils ont la valeur commune — 1, à partir de laquelle ils varient linéairement dans chaque travée, comme l'indique le diagramme $\ldots\alpha_{i-1}\alpha_i\alpha_{i+1}\ldots$, en s'annulant aux foyers de gauche des travées du tronçon A_0A_i et aux foyers de droite des travées du tronçon $A_nA'_i$.

Soient Z' les ordonnées du diagramme $\ldots\alpha_{i-1}\alpha_i\alpha_{i+1}\ldots$ Dès lors, dans l'un quelconque des deux tronçons, A_0A_i par exemple, les déplacements cherchés sont proportionnels aux segments de verticales compris entre une courbe funiculaire correspondant à des forces fictives verticales $\frac{Z'}{I}dx$, appliquées aux différents éléments dx de ce tronçon, et une droite de fermeture coupant la funiculaire en ses points d'intersection avec les verticales des appuis dudit tronçon. Si la poutre est encastrée sur l'appui extrême A_0, la droite de fermeture est tangente à la funiculaire au point situé sur la verticale de cet appui.

On peut donc dire finalement que :

La ligne d'influence du moment fléchissant sur un appui A_i est, dans chacun des deux tronçons de poutre A_0A_i et A_nA_i, une funiculaire correspondant à des forces fictives verticales $\frac{Z'}{I}dx$, appliquées à chaque élément dx du tronçon considéré, et dont la droite de fermeture passe par les points d'intersection de cette courbe avec les verticales des appuis de ce tronçon. De plus, si l'appui extrême A_0 ou A_n appartenant à ce même tronçon comporte un encastrement, la droite de fermeture est tangente à la funiculaire au point situé sur la verticale de cet appui.

Nous venons ainsi de retrouver, comme conséquence immédiate du théorème fondamental du numéro 9, une proposition que nous avons établie d'une autre manière dans notre Mémoire déjà cité.

Paris, le 10 avril 1890.

CHRONIQUE

N° 131.

SOMMAIRE. — Les traverses métalliques. — Appareil pour enregistrer la vitesse des trains. — Locomotives routières. — Résistance des rouleaux compresseurs.

Les traverses métalliques. — La division forestière du département d'agriculture des États-Unis a publié un important rapport de M. E. E. Russell Tratman sur la substitution du métal au bois pour les traverses de chemins de fer, auquel est jointe une étude sur les économies à réaliser pratiquement dans l'emploi du bois pour la construction des chemins de fer, par M. B. E. Fernow, chef de la division forestière.

Ce dernier fait remarquer tout d'abord que la construction des chemins de fer aux États-Unis absorbe un cinquième de la quantité totale de bois employée, et que cette application a le très grave inconvénient de produire, par les exigences des conditions de fourniture, l'abatage d'arbres relativement jeunes et qui eussent plus tard fourni un produit beaucoup plus considérable. De plus, la demande pour les chemins de fer, s'adressant exclusivement aux essences supérieures, les forêts s'en trouvent dépouillées et les espèces inférieures en profitent pour se multiplier, d'où résulte un appauvrissement général des forêts en qualité.

La substitution du métal au bois présente donc un intérêt de premier ordre. En effet, on peut estimer que le réseau des chemins de fer des Etats-Unis consomme annuellement 73 millions de traverses en construction ou en renouvellement, lequel nombre correspond à un minimum de 18 millions de mètres cubes de bois en grume dont 60 0/0 de chêne. Si on ajoute le bois employé dans divers autres ouvrages, ponts, etc., etc., on peut évaluer à 14 millions de mètres cubes la consommation annuelle de bois brut, ce qui correspond à la quantité produite par 400 000 *h* de terrain forestier, et pour produire annuellement cette quantité, il ne faut pas moins 4 à 6 millions d'hectares de forêts bien aménagées; or, comme cette condition est très loin d'être atteinte actuellement, on peut, sans risquer de se tromper, évaluer à 20 millions d'hectares la superficie de forêts nécessaire pour produire le cube de bois consommé chaque année par les chemins de fer des États-Unis.

On peut économiser le bois par deux moyens : 1° par l'emploi des traverses métalliques. Cette partie fait l'objet du rapport de M. Russell Tratman; 2° par l'emploi de procédés ayant pour objet d'augmenter la durée des traverses en bois.

Ces moyens sont les suivants :

1° Emploi des essences les plus durables;

2° Soins apportés à la coupe des traverses et à leur empilement avant emploi;

3° Assèchement de la plate-forme de la voie et choix du ballast;

4° Remplacement immédiat des traverses attaquées par un certain champignon par des traverses d'une essence non attaquable pour éviter la propagation de ce champignon qui amène une pourriture rapide;

5° Forage des trous de crampons et bouchage des anciens trous lors des réfections;

6° Emploi de selles métalliques pour réduire l'entaille des traverses;

7° Emploi des procédés de conservation des bois.

Ces divers moyens sont examinés successivement.

On trouvera d'intéressants détails sur la dépense qu'on peut consacrer à l'imprégnation des bois pour réaliser une économie finale par l'augmentation de la durée des traverses.

Le rapport de M. Russell Tratman sur la substitution du métal en bois pour les traverses contient une énorme quantité de renseignements sur l'emploi des traverses métalliques dans le monde entier, renseignements dont la plus grande partie a été obtenue par les réponses à un questionnaire adressé tant aux Compagnies de chemins de fer qu'aux forges produisant les traverses et, en général, aux personnes présumées s'intéresser à un titre quelconque à la question et pouvant fournir des renseignements y relatifs.

Le rapport contient deux parties. La première, consacrée aux indications détaillées sur l'emploi des traverses métalliques dans les divers pays du monde et la seconde formant une appréciation générale de la question des voies entièrement métalliques. Nous croyons intéressant de reproduire intégralement les conclusions qui terminent ce rapport.

Les documents qu'il contient se rapportent à l'application faite sur environ 40 000 *km* de voie représentant 13,21 0/0 environ de la longueur actuelle des chemins de fer dans le monde, en dehors des États-Unis et du Canada.

Cette proportion s'accroît rapidement ainsi qu'il résulte des rapports fournis par les diverses lignes de chemins de fer, tant par la pose de nouvelles lignes et voies entièrement métalliques, que par le remplacement du bois par le métal lors du renouvellement. En présence des chiffres qui viennent d'être indiqués, il semble difficile de soutenir que la question des traverses métalliques soit toujours dans la période expérimentale.

Les rapports émanant de certains pays, tels que l'Allemagne, la Suisse et l'Inde, font voir que les résultats d'essais prolongés pendant un temps suffisant ont conduit dans nombre de cas à l'adoption générale des traverses métalliques qui deviendront le type définitif pour ces pays.

Il a été dit à diverses reprises que l'emploi des traverses métalliques n'avait pas donné de bons résultats en Allemagne et qu'on tendait à les abandonner. L'auteur croit devoir s'en rapporter à cet égard aux documents officiels provenant des grandes lignes allemandes, lesquels indiquent que les résultats obtenus ont été assez satisfaisants pour avoir amené l'adoption définitive des traverses métalliques sur certains chemins de fer et la continuation et le développement de leur emploi sur d'autres. Le seul cas où on ait renoncé à l'emploi de ces traverses s'est présenté sur la division d'Altona des chemins de fer de l'État prussien

et, comme il a été indiqué, la cause en a été dans la nature du terrain de la plate-forme et du ballast et non dans les traverses elles-mêmes. L'agitation qui s'est faite dans ces dernières années autour de cette question brûlante provoquée par la métallurgie allemande pour pousser à l'extension de l'emploi des traverses métalliques prouve que cet emploi n'est pas encore suffisant au gré des maitres de forges et non qu'on aurait renoncé à cet emploi. Il est d'aileurs utile de faire remarquer que la substitution du fer au bois est de nature à compromettre les intérêts de certains districts forestiers, ce qui a amené une opposition locale; d'ailleurs, le système forestier est assez bien aménagé en Allemagne pour que l'emploi des traverses en bois n'y ait pas les résultats d'appauvrissement qu'on a signalés pour les États-Unis.

C'est en Allemagne, dans l'Inde et dans l'Amérique du Sud que les voies métalliques sont le plus répandues. Dans le premier de ces pays, on emploie les traverses en acier, de divers types ; dans l'Inde, la fonte est très employée; dans l'Amérique du Sud on emploie des cloches en fonte reliées par un tirant et aussi des traverses en acier. L'expérience parait s'être à peu près partout prononcée en faveur des traverses en acier qui tendent à devenir le type définitif de voie au moins pour les grandes lignes. Le poids de ces traverses doit être compris entre 55 et 70 *kg*, suivant les conditions du trafic.

Voici le résumé sommaire de l'état actuel de la question de l'emploi des traverses métalliques dans les différents pays :

Angleterre. — Les traverses en acier sont employées couramment sur le *London and North Western* et sur le *North Eastern*. On les a essayées sur une petite échelle sur d'autres lignes.

France. — On poursuit les essais avec divers systèmes de traverses sur les chemins de fer de l'*Etat*. Cinq des Grandes Compagnies font également des essais.

Hollande. — On a essayé sur une grande échelle les traverses en fer et en acier sur les chemins de fer de l'*État néerlandais*. La traverse Post se répand beaucoup. D'autres lignes emploient également des traverses métalliques.

Belgique. — Le chemin de fer de l'*Etat belge* essaye les traverses métalliques sur une grande échelle.

Le *Nord* et le *Grand Central* en emploient également. Elles sont adoptées sur quelques lignes secondaires et à voie étroite.

Allemagne. — On a essayé sur les diverses lignes appartenant aux États divers systèmes de traverses et de longrines métalliques; il y a actuellement plusieurs centaines de kilomètres de voies entièrement métalliques. On a renoncé aux longrines, mais l'emploi des traverses se répand et elles ont été adoptées définitivement sur quelques lignes à la suite des bons résultats obtenus.

Autriche-Hongrie. — On emploie principalement deux systèmes de voie métallique : la traverse Heindl et la longrine Hohenegger.

Suisse. — On a posé un nombre assez considérable de traverses métalliques. On en est content et l'usage s'en développe.

Espagne. — Il y a des traverses en acier seulement sur une ligne à voie étroite (Bilbao et Las Arenas) et des cloches en fonte sur une ligne à voie large (Almansa, Valence-Tarragone).

Portugal. — Les chemins de fer de l'État ont essayé sur une petite échelle les traverses métalliques.

Italie. — Il n'y a pas encore des traverses métalliques en service régulier, mais il en a été importé un petit nombre pour faire des expériences.

Suède. — Un petit nombre de traverses sont en expérience sur les chemins de fer de l'État.

Norwège. — On n'a encore fait aucun essai de voies métalliques.

Danemark. — Des traverses en acier sont en service sur les chemins de fer de l'État; les résultats obtenus sont très satisfaisants.

Russie. — On a fait l'essai des voies métalliques sur une petite échelle et on parait les avoir abandonnées.

Turquie. — Plusieurs kilomètres de voies aux environs de Constantinople sont posés en traverses métalliques.

Afrique. — Des traverses métalliques sont en usage en Algérie et en Égypte; dans ce dernier pays il y aussi des cloches en fonte. Dans l'Afrique du Sud, on emploie des traverses et des cloches. On doit employer des traverses en acier au chemin de fer du Congo.

Australie. — On emploie sur une grande échelle les traverses en acier dans l'Australie du Sud et dans le Queensland. Dans cette dernière colonie la voie est d'un type étudié spécialement pour la construction économique dans des contrées peu accidentées.

Nouvelle-Zélande et Tasmanie. — Il n'y existe pas de voies métalliques.

Inde. — Les voies métalliques y sont d'un usage très répandu et qui augmente continuellement. Les cloches en fonte commencent à être abandonnées, mais on emploie beaucoup des plaques de fonte reliées par un tirant et on en est satisfait. Une forme spéciale de traverse en acier est très largement employée sur les chemins de fer de l'État et sur d'autres lignes et semble appelée à devenir le type normal pour les voies en présence des bons résultats qu'elle donne (traverse Rendel).

Chine. — Il y a quelques traverses métalliques à titre d'essai.

Japon. — On a essayé il y a quelques années les traverses métalliques, mais on les a depuis toutes enlevées.

Amérique du Sud. — Dans la République Argentine on emploie sur une grande échelle et avec de bons résultats les cloches en fonte. On commence à employer les traverses en acier. On fait au Brésil des essais sur une petite échelle.

Mexique. — Il y a en service sur le chemin de fer mexicain des traverses en acier du type employé sur le chemin de fer de l'État indien (traverses Rendel). Les résultats sont très satisfaisants.

Le point de vue principal auquel la question des traverses est envisagée aux Etats-Unis et celui pour lequel le département de l'agriculture

a fait rédiger le rapport dont nous nous occupons est la conservation des forêts et la réduction de la consommation du bois. Mais il y a d'autres intérêts à des égards plus professionnels.

En premier lieu, il a été mis hors de doute que l'entretien d'une voie entièrement métallique est plus économique que celui d'une voie posée sur traverses en bois et que la première est meilleure et plus sûre. On peut dire d'une manière générale que la voie d'une ligne de premier ordre à grand trafic doit être posée sur traverses en acier; c'est un progrès absolu au point de vue technique et c'est une solution économique. Une voie métallique d'un bon système, bien établie, n'a plus besoin que de rares réparations à grands intervalles. Ceci pour les voies principales: mais pour les garages et voies de service, il y a d'autres avantages encore parce que l'invariabilité de la voie métallique est une garantie sérieuse de sécurité contre les accidents, tels que déraillements, etc., qui sont à craindre, surtout dans ces parties, et contre les interruptions de service qui en sont si fréquemment la conséquence.

M. Walter Katté, ingénieur en chef du *New-York Central and Hudson River Railroad* a calculé que si les traverses en acier actuellement en service sur cette ligne arrivent, comme il le suppose, à l'âge de cinquante ans, elles donneront une économie de 8 à 12 0/0 en réparation, entretien et renouvellement. L'auteur a vérifié les calculs de M. Katté et a trouvé que, même avec une durée réduite à trente-deux ans, il y aurait encore un avantage économique dans l'emploi des traverses métalliques.

L'opinion de M. C. P. Huntington, du *Southern Pacific Railroad*, est intéressante à rapporter telle qu'elle résulte du passage suivant d'une lettre adressée à l'auteur en janvier 1890 : « Il y a plusieurs années que je recommande l'usage de traverses métalliques pour nos lignes situées dans des régions où il n'a pas de bois et, bien qu'on ne les y ait pas adoptées jusqu'ici, je pense qu'un avenir prochain me donnera raison. Vous avez, sans doute, eu occasion de reconnaitre combien il faut de temps et de patience pour amener les gens à des idées contraires à celles dans lesquelles ils ont été élevés et dans la pratique desquelles ils ont passé une grande partie de leur existence. C'est à ce fait que doit être attribuée surtout l'indifférence qu'on rencontre si fréquemment à l'égard des traverses métalliques; mais, à l'heure actuelle, la valeur de ces traverses commence à être discutée en Amérique, et il n'est pas douteux qu'on en arrive à bref délai à considérer leur emploi comme devant constituer un élément de premier ordre en faveur du fonctionnement économique des chemins de fer. »

Il ne semble pas y avoir de raisons pour qu'on n'arrive pas aux États-Unis aux résultats qu'on a obtenus ailleurs. Il est possible qu'il ne se détermine pas immédiatement un courant intense dans le sens de l'emploi des traverses métalliques, mais l'auteur ne doute pas que les progrès lents, mais incontestables, qui se sont produits depuis un ou deux ans ne continuent et que la substitution du métal au bois pour les traverses n'arrive dans un avenir peu éloigné à être considérée comme un des grands progrès économiques à réaliser dans la construction et l'exploitation des chemins de fer.

Le rapport dont nous nous occupons est accompagné de 30 planches représentant un nombre considérable de systèmes de traverses métalliques ou de fixation de rails. Une partie à signaler qui n'est pas des moins utiles et intéressantes est la liste et l'analyse sommaire de 428 patentes prises aux États-Unis pour des voies métalliques.

La première de ces patentes remonte à 1839, et il n'y en a, sur le nombre que nous venons d'indiquer, que 26 antérieures à 1870.

Appareils pour enregistrer la vitesse des trains. — Au moment où l'emploi d'appareils pour indiquer et enregistrer la vitesse de marche des trains de chemins de fer parait se répandre, il n'est pas sans intérêt de rappeler que cet emploi a été proposé à l'origine même des chemins de fer dans des conditions qui ne diffèrent pas sensiblement de celles d'aujourd'hui.

On trouve en effet dans l'article sur la nature, les propriétés et les applications de la vapeur, par John Scott Russell, faisant partie de l'*Encyclopédie britannique*, le passage suivant : « En 1833, on a proposé un moyen très simple d'enregistrer la vitesse d'un véhicule, moyen qui permet en même temps de constater à quelle vitesse a marché ce véhicule à un point quelconque de son parcours. L'appareil consiste en un petit modérateur à force centrifuge semblable à celui des machines à vapeur, ce modérateur reçoit son mouvement de l'essieu du véhicule et l'écartement des boules, plus ou moins grand, selon la vitesse, déplace un crayon qui laisse une trace sur un disque de papier déplacé circulairement par un mouvement d'horlogerie. Des cercles concentriques tracés sur ce disque indiquent les différentes vitesses et la courbe marquée par le crayon indique la variation de la vitesse. Le mécanicien d'une locomotive peut ainsi reconnaitre à chaque instant la vitesse de sa machine et à la fin du trajet, la manière dont celui-ci s'est effectué peut être examinée par un contrôleur et les irrégularités qui se seraient produites, constatées à première vue. »

Locomotives routières. — M. John Mc Laren a fait, le 11 novembre dernier, à l'*Institution of Civil Engineers* une communication sur l'emploi de la vapeur sur les routes dont voici le résumé.

Après avoir énuméré les conditions que doivent remplir les locomotives routières et signalé les restrictions tracassières et souvent puériles et les difficultés de toute sorte apportées à l'usage de ces machines par les règlements de police, l'auteur examine les progrès réalisés dans la construction de ces engins depuis dix-sept ans, c'est-à-dire depuis l'époque où M. Head traita devant l'Institution la question du « Développement de la traction par la vapeur sur les routes ».

La locomotive routière actuelle a invariablement une chaudière tubulaire, des cylindres horizontaux et un changement de marche par coulisse. Les cylindres sont fixés directement à la chaudière pour alléger la machine et le mouvement est transmis aux roues par des trains d'engrenages. Le cylindre est ordinairement à l'avant de la chaudière et contenu dans un dôme en fonte formant enveloppe de vapeur. Dans les machines de feu M. Thomas Aveling, les paliers des divers arbres étaient portés

par le prolongement des tôles formant les parois latérales de la boite à feu extérieure.

Les chaudières sont généralement en tôles d'acier Siemens-Martin ayant une résistance à la rupture de 43 à 48 *kg* par millimètre carré et 25/100 d'allongement sur 0,125*m*. Les joints circulaires sont à simple rang de rivets et les joints longitudinaux à double rang. Les foyers sont en fer du Yorkshire de la meilleure qualité ou en acier doux et les tubes sont en fer soudés à recouvrement. L'auteur croit, d'après sa propre expérience, que l'acier doux est la matière la plus convenable. Les lames d'eau autour de la boite à feu doivent avoir au minimum, 56 *mm* dans le bas et 75 à 100 dans le haut, de manière à assurer à l'eau une bonne circulation là où c'est le plus nécessaire. Les cadres du bas du foyer et de la porte sont en fer forgé et non plus en forme de Z comme autrefois. Les pressions sont de 6 à 12 *kg* par centimètre carré; la pression la plus courante est de 9 à 10.

La transmission est disposée de manière à permettre d'obtenir deux vitesses, l'une de 3 1/2, l'autre de 7 *km* à l'heure ; cette dernière est la plus élevée que permettent actuellement les règlements de police dans la Grande-Bretagne. Les roues motrices portent un mouvement différentiel pour pouvoir décrire des parcours différents dans les courbes. Ces machines portent sur l'essieu un tambour à câble leur permettant de haler sur une forte rampe une charge qu'elles ne pourraient trainer directement.

On fait les roues de diverses manières. Le plus souvent la jante et le moyeu sont en fonte réunis par des rais en fer. Quelquefois, les rayons sont terminés par des T soudés de manière à former la jante sur laquelle on rive des tôles de fer ou d'acier. Le moyeu est coulé sur les rayons disposés préalablement dans le moule.

L'avant-train est formé par une pièce en fonte sur laquelle repose l'avant de la chaudière et qui se rattache à l'essieu de la roue ou des roues de support par une sorte de joint universel. On se sert pour remplir les caisses à eau d'un éjecteur fondé sur le principe de l'injecteur Giffard. Il faut faire reposer la plus grande partie du poids sur les roues motrices, non seulement pour assurer une adhérence suffisante, mais encore pour éviter que les roues directrices ne s'enfoncent dans le sol, ce qui rendrait très difficile à assurer la direction de la machine.

La charge que peut trainer une locomotive routière dépend de l'adhérence des roues motrices. On a fait beaucoup de tentatives pour augmenter cette adhérence. MM. Mc Laren et Boulton ont introduit un système de roues dans lequel une large jante en fonte présente des cavités de 0,15 *m* de côté et de 0,20 *m* de profondeur, dans laquelle sont introduits des blocs de bois debout pressés par un ressort placé à l'intérieur de la roue; ce sont ces blocs qui portent sur le sol et donnent une adhérence considérable. Cette disposition a l'avantage de réduire l'usure des machines et la détérioration des routes.

La suspension sur ressorts des locomotives routières présente à la fois beaucoup d'intérêt et d'assez grandes difficultés. Quelquefois on emploie des roues à rayons élastiques.

Lorsqu'on suspend la machine sur des ressorts comme un véhicule

ordinaire, on emploie diverses dispositions pour que les engrenages de transmission ne cessent pas d'être en prise. On fixe alors ceux-ci dans un support pouvant coulisser dans une sorte de plaque de garde, ou on emploie un engrenage intermédiaire ou encore un joint universel.

L'emploi du système compound pour les machines routières se répand et, s'il y a un plus grand nombre de pièces, on réalise en revanche une économie sur les frais de traction et le bruit de l'échappement est atténué. Le rapport le plus favorable entre les volumes des cylindres parait être de 2,40 environ. On dispose habituellement une soupape à main pour admettre au démarrage de la vapeur à pression élevée au cylindre à basse pression. Dans les machines routières ordinaires, on compte en général 5 cm^2 de surface de piston par cheval nominal correspondant à quatre chevaux effectifs, avec 1,75 à 2 *m* de vitesse de piston par seconde et 9 *kg* de pression effective par centimètre carré ; la surface de chauffe est de 1,60 m^2 et la surface de grille de 0,07 par cheval nominal. La consommation de charbon est de 1,80 à 2 *kg* et celle d'eau de 13 *l* environ par cheval indiqué et par heure. La charge remorquée dépend dans une large mesure de l'état du sol ; on peut estimer que, sur une route neuve non encore assise, on ne trainera sur niveau que ce qu'on remorquerait en rampe de 10 0/0 sur une chaussée bien unie et dure.

On peut citer un exemple où, à Liverpool, une machine de 12 chevaux nominaux à deux cylindres de 0,202 *m* de diamètre et 0,305 de course a trainé une charge de 80 *t* composée d'une chaudière marine de 60 *t* portée sur un chariot de 20 *t* à 3 200 *m* de distance en 55 minutes avec trois hommes seulement. Il aurait fallu avec les procédés ordinaires 60 chevaux et 30 hommes et on aurait entravé la circulation sur la route pendant plusieurs heures.

Voici un calcul de prix de revient établi avec une machine de 8 chevaux qu'on peut considérer comme un exemple de la pratique courante :

Intérêt à 5 0/0 sur 22 500 *f*		1 125 *f*
Amortissement à 15 0/0		3 275
Un mécanicien à l'année	2 000 *f*	
Un conducteur.	1 300	
Un aide.	1 150	4 450 *f*
Graissage et fournitures (300 jours à 3 *f*).		900
Charbon (300 jours à 500 *kg* à 18 *f* la tonne).		2 700
TOTAL PAR AN . . .		12 550 *f*

En comptant une charge de 12 *t* utiles par voyage, on trouverait pour les 300 jours de travail 3 600 *t* transportées à 27 *km*, soit 97 200 *t-km*, ce qui donne 0,13 *f* par tonne et par kilomètre, prix de revient inférieur d'au moins 75 0/0 à ce que coûterait le transport par chevaux. Cette économie serait naturellement bien plus élevée encore si le retour au lieu de se faire à vide comme on l'a supposé se faisait avec une charge payante.

Résistance des rouleaux compresseurs. — Il y a quelque analogie entre le cas des rouleaux compresseurs à vapeur et celui des

locomotives routières. Aussi, croyons-nous intéressant de donner ici les résultats d'une série d'expériences faites avec un rouleau à vapeur d'Aveling et Porter, par M. Voiges, sur une portion de route fraichement macadamisée de 1 *km* de longueur près d'Ems. Ces résultats sont donnés par le *Centralblatt des Bauverwaltung*.

La machine pesait environ 15 *t* dont les 4 dixièmes sur les rouleaux d'avant et les 6 dixièmes sur ceux d'arrière. La couche de quartzite formant la chaussée avait environ 75 *mm* d'épaisseur.

La résistance a donné les valeurs suivantes, selon les périodes du cylindrage :

1° 0 12 à 0 14 au début sur les pierres cassées répandues sur la chaussée;

2° 0 09 à 0 095 sur la couche déjà agglomérée correspondant au tiers du cylindrage total;

3° 0 075 à 0 080 à la période correspondant aux deux tiers du cylindrage;

4° 0 065 à 0 070 à la fin du cylindrage;

5° 0 08 à 0 09 quand la surface a été sablée;

6° 0 06 à 0 065 quand la chaussée a été recouverte d'une couche de sable mouillé et bien unie par le passage du rouleau.

La note ne donne aucune indication sur la manière dont on a procédé pour trouver ces résultats. Il est probable qu'on a constaté le travail de la machine par l'indicateur et qu'on l'a rapporté au produit du poids du rouleau par sa vitesse de déplacement. Dans ce cas, les chiffres donnés plus haut contiendraient la résistance du mécanisme et des transmissions de sorte qu'on devrait les considérer comme des maxima.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

OCTOBRE 1890.

Rapport de M. HIRSCH sur un Mémoire présenté par M. DWELSHAUVERS-DERY, comportant l'**Étude de la température des parois dans un cylindre de machine à vapeur.**

Un des points les plus intéressants et les plus difficiles de l'étude des machines à vapeur est l'analyse de l'échange de chaleur qui, dans le cylindre d'une machine en mouvement, se produit incessamment entre la vapeur et les parois métalliques qui la renferment; ces échanges varient très rapidement de sens et d'intensité selon les divers points de la course du piston.

Pour retrouver par le calcul et à l'aide d'un simple diagramme d'indicateur les températures que prennent à chaque instant les divers points de la paroi d'un cylindre de machine à vapeur, M. Dwelshauvers-Dery part des hypothèses suivantes :

1° La superficie de la paroi prend à chaque instant la température de la vapeur avec laquelle elle est en contact; « on suppose, en effet, dit l'auteur, que la vapeur dans le cylindre étant toujours accompagnée d'une rosée répandue sur le métal, la couche superficielle est à la même température que l'eau saturée qui la tapisse et, par suite, à la même température que la vapeur dans le cylindre.

2° Les parties de la paroi qui sont en contact, non pas avec la vapeur, mais avec la jante du piston, conservent, pendant toute la durée du passage du piston, la température qu'elles avaient au commencement de ce passage; autrement dit, la surface cylindrique du piston est considérée comme absolument imperméable à la chaleur.

Les hypothèses ci-dessus une fois admises, les résultats s'en déduisent à l'aide des tables des vapeurs, par des calculs assez faciles mais fort longs.

L'auteur ne se dissimule nullement les objections que peuvent soulever ces hypothèses: « Sans doute, dit-il, il y a là une assertion qui peut-être ne se vérifie pas d'une manière absolue, mais que l'expérience rend très probable, et du reste, qui pourrait dire comment les choses se passent en réalité? »

M. Hirsch considère la méthode de calcul proposée par M. Dwelshauvers-Dery comme à la fois originale et féconde en résultats. Il y a là un progrès important accompli dans l'étude des phénomènes si complexes dont le cylindre des machines à vapeur est le siège.

Note de M. Dwelshauvers-Dery sur la méthode proposée par M. Donkin pour estimer la **température moyenne des diverses parties de la couche métallique interne des cylindres à vapeur.**

Le point de départ de la méthode est l'emploi d'un diagramme moyen relevé sur la machine expérimentée et l'admission des hypothèses énoncées dans la note précédente.

On divise la course du piston en un certain nombre de parties ou zones, vingt par exemple, inégales de longueur, mais correspondant à des temps égaux et on leur applique les températures correspondant aux pressions relevées sur le diagramme. On obtient ainsi un diagramme donnant la loi des variations de température. Nous ne pouvons qu'indiquer ici le principe sur lequel repose cette méthode et renverrons à la note elle-même ceux de nos collègues qui voudraient en prendre une connaissance approfondie.

Rapport de M. le colonel Goulier sur quelques **instruments de dessin** présentés par M. J. Pillet.

Ces instruments sont de trois espèces :

1° Des tire-lignes à pointiller pouvant être employés à la main ou ajustés à des compas ;

2° Un T équerre ;

3° Un appareil ayant pour objet de tracer d'un mouvement continu des courbes du second degré.

Rapport de M. Le Chatelier sur un mémoire de M. Candlot ayant trait aux **propriétés des ciments.**

Ce mémoire a pour objet principal la question si importante de l'altération des ciments dans les travaux à la mer. M. Candlot avait démontré déjà que des trois sels contenus dans l'eau de mer, chlorure de sodium, chlorure de magnésium. et sulfate de magnésie, le premier n'exerce aucune action. Les sels de magnésie n'agissent qu'après s'être transformés en sels de chaux correspondants et le chlorure de calcium formé par la double décomposition agit d'une manière particulière sur la prise du ciment suivant la proportion; ainsi à 20 *g.* par litre d'eau, il ralentit la prise et, à 300 *g* par litre, il l'accélère d'une manière considérable.

En approfondissant l'action du chlorure de calcium M. Candlot établit que, si les solutions faibles de chlorure de magnésium ralentissent la prise, c'est qu'elles s'opposent à la dissolution de l'alumine des aluminates de chaux, tandis que les solutions concentrées augmentent au contraire, considérablement la solubilité des aluminates. Cet accroissement de solubilité de l'alumine, cause directe de l'accélération de la prise, résulte de la formation d'un chloro-aluminate de chaux qui a été entrevu par M. Candlot, mais n'a pu être analysé d'une façon précise.

L'action du sulfate de chaux est plus importante encore. Ce sel forme avec l'aluminate de chaux une combinaison parfaitement cristallisée dont les propriétés étudiées par M. Candlot donnent l'explication de l'influence du sulfate de chaux sur la prise et le durcissement des

ciments et permettront de jeter un certain jour sur le mécanisme de la désagrégation des ciments à l'eau de mer, produite, selon toute probabilité, par des cristallisations répétées, d'une manière analogue à ce qui se passe dans l'essai des pierres gélives au sulfate de soude.

Sur les propriétés des produits hydrauliques. — Rôle du chlorure de calcium et du sulfate de chaux sur la prise et le durcissement des mortiers, par M. Candlot.

C'est le mémoire dont le compte rendu précède.

Communication de M. Hupé sur une nouvelle **table chromatique des couleurs.**

Un rapport de M. Rossigneux sur cette communication a paru dans le Bulletin d'août 1890 de la Société d'Encouragement. (Voir comptes rendus d'octobre 1890, page 651.)

Note sur l'**usage des appareils électriques.**

Le syndicat professionnel des industries électriques a publié une brochure indiquant les règles à suivre pour l'établissement des appareils de lumière électrique, dans le but d'éviter toute chance d'incendie et les accidents auxquels ils peuvent donner lieu.

La note reproduit les règles établies par le syndicat sous le nom d'instructions générales pour l'établissement des appareils de lumière électrique.

Moteur fonctionnant à la vapeur de benzine (traduit de l'*Institute of naval Architects*).

Il s'agit des moteurs Yarrow appliqués à la propulsion des canots, dont nous avons parlé dans la Chronique de mai 1888, page 680.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Septembre 1890.

Recherches expérimentales sur les mortiers hydrauliques, par M. P. Alexandre, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Ces recherches n'ont porté que sur les mortiers proprement dits, mais en faisant varier la nature et le dosage des matières entrant dans leur composition et les conditions de leur préparation et de leur emploi pour apprécier autant que possible l'influence de ces variations sur la résistance.

Le mémoire comprend l'exposé des procédés d'expérimentation dont l'auteur a fait usage, confection des briquettes, appareils employés pour leur rupture, etc., puis des résultats obtenus en ce qui concerne la résistance des mortiers, leur porosité, leur perméabilité et l'action de l'eau de mer et énumère les conditions à remplir et les précautions à prendre pour réaliser les meilleurs résultats à chacun de ces points de vue. Il

rappelle avec raison que la question des mortiers est dominée avant tout par celle des ciments et qu'on n'est malheureusement pas encore arrivé à déterminer sûrement les qualités physiques et la composition chimique caractérisant ceux qui sont capables de constituer des matières solides résistant à l'action de la mer.

Il ne manque pas d'exemples, en effet, de ciments qui, après avoir rempli toutes les conditions prescrites par les cahiers des charges et donné d'excellents résultats quant à la résistance jusqu'à six mois, se sont décomposés dans la suite.

Note sur le **service vicinal dans le Pas-de-Calais,** par M. Mallez, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

En 1872 a été opérée dans le département du Pas-de-Calais la fusion du service vicinal avec celui des ponts et chaussées. La note expose l'organisation de ce service et les résultats qu'a produits cette fusion.

Rectification à la note sur **les chemins de fer départementaux** de M. Noblemaire, par M. Etienne, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

L'objet de cette rectification est d'établir que le *desideratum* indiqué par M. Noblemaire pour les nouvelles concessions, savoir : l'exécution des lignes par le Département et l'exploitation par un concessionnaire qui fournit le matériel roulant à titre de cautionnement, a été réalisé dans le département de la Sarthe.

ANNALES DES MINES

2e Livraison de 1890.

Note sur **les chemins de fer départementaux**, par M. Noblemaire, ingénieur en chef des mines, directeur de la Compagnie des chemins de fer P.-L.-M.

Cette note a paru déjà dans les *Annales des Ponts et Chaussées* (voir comptes rendus de mars 1890, page 340).

Notice nécrologique sur **Eugène Lefébure de Fourcy**, inspecteur général des mines, par M. Lamé Fleury, inspecteur général des mines.

Analyse des rapports officiels sur **les accidents de grisou** survenus en France pendant les années 1884 à 1887, dressée par M. Coste, ingénieur des mines.

Cette analyse se rapporte à un total de 50 accidents ayant causé la mort de 170 personnes et des blessures à 88. Les accidents se divisent en explosions de grisou, 49, et autres accidents dus au grisou dont il n'y a qu'un seul, un cas d'asphyxie.

Dans les premiers, 16 ont été amenés par explosion ou allumage de coups de mine, 16 par emploi de lampes à feu nu, 13 par lampes de sûreté ouvertes, détamisées, brisées, etc., et 4 par des causes indéterminées.

Sur les **eaux minérales de Cransac**, par M. Ad. Carnot, ingénieur en chef des mines.

Les eaux minérales de Cransac (Aveyron) présentent la particularité de trouver à peu de distance de la surface la cause de leur minéralisation due à leur passage à travers des terrains charbonneux et pyriteux qui ont été calcinés par des incendies. Ces sources paraissent présenter aujourd'hui une certaine régularité de débit et de composition ; elles contiennent une forte proportion de sulfate de magnésie et de nitrate de potasse.

Notice nécrologique sur **Edmond Fuchs**, ingénieur en chef des mines, par M. A. de Lapparent, ancien ingénieur des mines.

Note sur quelques **appareils employés dans les usines allemandes** en vue de prévenir les accidents (d'après les modèles exposés à Berlin en 1889), par M. Bellom, ingénieur des mines.

Cette note n'a pour objet que la description des appareils nouveaux ; elle examine successivement :

1° Lampes de sûreté ;
2° Appareils relatifs aux puits d'extraction ;
3° — — aux plans inclinés ;
4° — — au service de l'aérage ;
5° Equipement de sauvetage.

Note sur un **clapet de retenue d'alimentation** d'un type défectueux, par M. Olry, ingénieur en chef des mines.

Une explosion de chaudière survenue à Persan et due à un manque d'eau a appelé l'attention sur la disposition des clapets de retenue dans lesquels une vis manœuvrée de l'extérieur permettait de soulever les clapets pour la vidange de la chaudière. Si, comme dans le cas qui s'est produit, on oublie après de faire tourner la vis pour ramener le clapet sur son siège, le clapet ne peut plus fonctionner et deviendra la cause de graves accidents.

Cette disposition dangereuse est d'ailleurs contraire aux prescriptions de l'article 8 du décret du 30 avril 1880 qui exige que les clapets de retenue fonctionnent toujours automatiquement.

Etude sur la **leverrierite**, par M. Termier, ingénieur des mines.

La leverrierite, ainsi nommée en l'honneur de Leverrier, est un minéral nouveau dont l'existence dans un grand nombre de roches houillères a été signalée par l'auteur de la note. C'est un silicate d'alumine et de chaux cristallisé sous forme de lamelles.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

DISTRICT DE BOURGOGNE

Réunion du 15 juin 1890 à Autun.

Communication de M. Levet sur le **treuil de mines Galland et Levet.**

Ce treuil est caractérisé par l'emploi pour le renversement de la marche d'un robinet à quatre fins changeant le rôle des conduits d'arrivée et de sortie de la vapeur. La machine étant à deux cylindres agissant à angle droit, la distribution d'un des cylindres s'opère par l'autre machine et réciproquement à peu près comme dans les pompes Worthington.

Communication de M. Suisse sur l'**emploi d'un excavateur Ruston et Dunbar** au découvert Maugrand, des mines de Blanzy.

La surface à découvrir était de 30 000 m^2 environ; la hauteur du terrain à enlever variait de 5 à 14 *m*, donnant un cube de 280 000 *m*. La cuiller de l'excavateur attaquait directement le terrain sur 5 *m* de hauteur, mais on abattait la partie supérieure au moyen de pieux enfoncés à coup de masse lorsque la cuiller avait excavé la partie inférieure. Il faut pour la manœuvre de l'excavateur 3 hommes et un gamin sur la machine, 1 homme à chaque voie pour l'allongement et 3 ou 4 travaillant aux pieux, suivant la dureté des terrains, soit en tout 9 hommes.

On fait actuellement une moyenne de 400 m^3 par jour. Le prix de revient de l'abatage et du chargement par l'excavateur et du transport à 200 *m*, déchargement, etc., n'atteint pas 0,40 *f* par mètre cube. Il pourrait être diminué si les moyens de transport permettaient de faire produire à l'excavateur 550 m^3 par jour comme il pourrait le faire.

Communication de M. Graillot sur un **transport aérien installé aux mines de Blanzy.**

Il s'agissait de transporter 90 à 100 *t* de charbon par jour entre deux ateliers séparés par une distance horizontale de 80 *m* avec une différence de niveau de 7 50 *m*. Les wagonnets portant 500 *kg* de charbon sont suspendus à un chariot à deux roues placées dans le même plan et roulant sur un rail unique. La traction se fait au moyen d'un câble sans fin de 15 *mm* de diamètre qui s'enroule aux stations extrêmes sur des molettes de 2 *m* de diamètre, dont l'une reçoit le mouvement d'un moteur. Le câble a 6 torons de 7 fils de 1,6 *mm* de diamètre et a un effort de rupture de 112,5 *kg* par millimètre carré de section après câblage. Ce câble marche à la vitesse de 1,35 *m* par seconde; l'accrochage et le décrochage des wagonnets sont automatiques. La force employée est de 4 chevaux seulement. Il faut en tout 2 hommes et 7 gamins faisant un total de main-d'œuvre de 23 *f* par jour. En ajoutant le graissage, l'entretien, etc., on arrive à 31 *f* qui, pour 900 *t* transportées, représentent 3 1/2 centimes par tonne.

La dépense totale s'est élevée à 66 000 *f*.

DISTRICT DE SAINT-ÉTIENNE

Séance du 6 *septembre* 1890.

Communication de M. Chansselle sur **la lampe électrique Pollack.**

La lampe électrique portative Pollack est à l'étude pour son emploi dans les mines; elle pèse de 1 800 à 1 900 *g*, c'est-à-dire un peu plus que la lampe Marsaut et possède un pouvoir éclairant intermédiaire entre ceux des lampes Mueseler et Marsaut. Une autre lampe, la lampe Stella, ne pèse que 1 400 à 1 500 *g* et a un pouvoir éclairant un peu supérieur

à celui de la lampe Marsaut; on annonce qu'elle peut fournir cette lumière pendant dix à onze heures; cette lampe va être expérimentée également.

Communication de M. Chansselle sur des expériences sur **l'inflammabilité du grisou** par les étincelles données par les coups de pic.

Ces expériences ont été entreprises par M. Leclère avec le concours de M. Paul Holtzer sur du grisou capté dans une couche traversée par le puits du Grand-Treuil à 623 *m* de profondeur. On a constaté que le grisou ne s'enflamme pas par les étincelles obtenues en frappant avec un pic des blocs de pyrite ou des rognons de fer carbonaté. L'inflammation n'est même pas produite par un fragment de charbon de bois incandescent tant qu'il n'atteint pas le rouge blanc, mais elle est déterminée par la flamme d'une allumette.

Note de M. Taragonet sur un **ventilateur système Rateau.**

Ce ventilateur, établi aux mines d'Aubin, à Cransac, a été construit par MM. V. Bietrix et Cie. La roue a 2 *m* de diamètre et une seule ouïe de 1,20 *m*. Les palettes en tôle d'acier, embouties à la presse hydraulique, ont une forme spéciale. L'appareil est établi en ventilateur aspirant, mais il pourrait tout aussi facilement être disposé au ventilateur soufflant.

Les expériences ont consisté à mesurer, pour des orifices équivalents différents et pour des vitesses différentes du ventilateur :

1° La vitesse du ventilateur;

2° La dépression produite dans la galerie d'aspiration derrière la vanne à peu de distance du ventilateur;

3° Le débit du ventilateur;

4° Le travail effectué par la vapeur sur le piston de la machine.

Les conditions exigées étaient de donner, à 200 tours par minute, une dépression de 30 à 40 *mm* d'eau et un débit de 15 à 20 m^3 par seconde avec un rendement de 50 0/0 au moins, l'orifice équivalent de la mine étant de 1 m^2 environ.

Il résulte des expériences et des constatations que :

1° L'appareil pourrait marcher à des vitesses bien supérieures à 200 tours par minute, la machine pouvant fournir de 50 à 90 chevaux au lieu de 38.

2° Avec une vitesse ramenée à 200 tours, on a obtenu une dépression variant de 46 à 61 *mm* et un débit de 15 à 33 m^3 par seconde sur des orifices équivalents compris entre 75 et 172 dm^2.

3° Le rendement mécanique, calculé en prenant le rapport du travail utile (produit du volume par la dépression corrigée) au travail indiqué sur le piston de la machine dépasse 50 0/0 pour des orifices équivalents compris entre 50 et 160 dm^2 et dépasse 72 0/0 sur l'orifice de 1 m^2.

Communication de M. E. Roche sur les **moyens de prévenir les accidents dus au grisou.**

L'auteur fait remarquer que les mines où on emploie l'air comprimé paraissent ne pas présenter d'accidents dus au grisou. Il pense que le système le plus rationnel pour empêcher ces accidents serait la ventilation par refoulement pendant le travail et la ventilation par aspiration après la cessation du travail et l'éloignement du personnel. On opérerait

ainsi des chasses ou purges du grisou qui n'exigeraient presque aucune dépense spéciale.

On objecte à ce procédé qu'une variation de quelques centimètres d'eau dans la pression intérieure de la mine ne saurait avoir une influence appréciable sur le dégagement du grisou qui est enfermé dans la houille à des pressions énormes à en juger d'après son volume égal à plusieurs fois celui de la houille qui le contient.

Communication de M. Brustlein sur les récentes découvertes sur le **magnétisme de l'acier au nickel.**

L'acier au nickel jouit de la propriété de rester ou non magnétique aux températures ordinaires suivant qu'il a été ou non chauffé et refroidi dans certaines conditions. Cette propriété peut présenter des dangers dans certaines applications telles que la construction des navires. Ainsi des tôles d'acier au nickel à 25 0/0 refroidies à — 20°, température qui peut se présenter dans le nord de l'Amérique, sur les grands lacs, par exemple, si elles faisaient partie d'une coque de navire agiraient comme des aimants permanents sur les aiguilles des compas.

Ce refroidissement à — 20° a de plus l'inconvénient de rendre dur et cassant le métal ductile auparavant. Ce métal est de nature à réserver de singulières surprises s'il est employé dans des constructions exposées au froid; il est utile d'en être prévenu.

SOCIETÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Juin-Juillet 1890

Rapport sur un mémoire de M. Daniel Dollfus sur **l'industrie de la soie**, présenté par M. Max Dollfus.

Le mémoire se rapporte à l'industrie de la soie en France ; il examine successivement et en détail l'élevage des vers, la provenance des cocons, le traitement de ceux-ci, les différentes inventions dans la filature de la soie et l'ouvraison de cette matière.

La machine à vapeur surchauffée de G.-A. Hirn au Logelbach ; documents présentés au comité de mécanique, par M. W. Grosseteste.

La machine du Logelbach, pour ainsi dire légendaire parmi les savants et les ingénieurs, était une ancienne machine à balancier de Woolf, construction Stehelin, qui fut transformée en 1855 par Hirn avec un seul cylindre sans enveloppe, à quatre distributeurs et vapeur surchauffée. Cette machine qui développe un travail de 118 chevaux fonctionne depuis cette époque et a été l'objet d'expériences très connues.

En dehors de la surchauffe, une des particularités de ce moteur est la distribution effectuée par quatre tiroirs plans mus par des cames, deux pour l'admission, deux pour l'échappement, les deux premiers ayant leur cames variables de position sur leur arbre au moyen d'un mécanisme différentiel commandé par le régulateur.

« Cette description très succincte, dit M. Grosseteste, m'a semblé suffisante pour faire saisir les mérites spéciaux de cette machine et comprendre en particulier quel a été le mérite de Hirn en la faisant construire à l'encontre des idées admises.

» C'est en réalité, et sous une forme originale le type de la machine à vapeur dont, on l'a vu à l'Exposition universelle de 1890, la supériorité est universellement reconnue : en effet, quelle que soit pour les orifices la forme des obturateurs, tiroirs, valves ou robinets, le principe presque universellement admis pour la distribution est, comme dans cette machine, l'admission et l'échappement par des orifices séparés, le régulateur n'agissant que sur le mouvement des appareils d'admission.

» Mais avoir précédé de si loin les ingénieurs et les constructeurs dans la voie où actuellement ils se pressent ne serait qu'un mérite technique purement platonique s'il ne s'était traduit par un avantage, toujours apprécié de tous, une grande économie de combustible. »

» Les essais de 1865 confirmèrent les chiffres annoncés par Hirn environ 9 *kg* de vapeur par cheval et par heure; or, à cette époque, une machine était *très bonne* quand sa consommation n'était que de 2 *kg* de houille ; car alors l'évaluation de la consommation en kilos de vapeur n'était pas pratique et ce n'est pas un des moindres mérites de Hirn que d'avoir sa grande part dans l'introduction de cette unité. »

Il nous semble que la conclusion de M. Grosseteste est un peu absolue et pourrait donner lieu à bien des observations. Nous ne croyons pas que les machines qui, en 1865, dépensaient moins de 2 *kg* fussent considérées comme exceptionnelles. En tout cas, si l'on doit considérer la machine du Logelbach comme le précurseur des machines à quatre distributeurs actuelles, ne doit-on pas lui associer en toute justice les machines à quatre distributeurs que notre grand constructeur François Cavé construisait dès avant 1830, sous toutes les formes, depuis ses petites machines oscillantes jusqu'aux énormes machines à cylindres fixes et horizontaux et à quatre tiroirs plans de l'*Isly* de 600 et de l'*Eylau* de 900 *ch.* nominaux construites vers 1850? N'est-il pas juste de rappeler encore que les machines du chemin de fer atmosphérique de Saint-Germain, construites en 1846 par Hallette sous la direction d'Eugène Flachat, avaient quatre distributeurs à soupapes dont ceux d'admission donnaient une introduction variable réglée par le régulateur, par une disposition analogue à celle de la machine du Logelbach ?

Notice biographique sur Frédéric Zurcher, par M. Ch. Zundel.

Rapport sur le **cartulaire de Mulhouse** de M. X. Mossmann, présenté au nom du Comité d'histoire, de statistique et de géographie, par M. Ernest Meininger.

Ce cartulaire dressé par M. Mossmann, archiviste de Colmar, contient la transcription fidèle et méthodique de trois mille à quatre mille documents, la plupart inédits, relatifs à l'histoire de Mulhouse.

Rapport de M. Ch. Zundel sur les travaux de M. A. Rivaud, concernant **les maladies de la vigne.**

Note sur un **moyen d'isoler**, au milieu du tumulte d'un atelier, un **bruit se produisant dans une machine** et d'observer ses variations d'intensité et les points où elle se produisent, par M. R. Bourcart.

Il suffit de s'introduire dans l'oreille le bout d'un tube en caoutchouc pour gaz de 1 *m* de longueur. On ne perçoit ainsi que le bruit isolé émis par la portion dont on approche l'extrémité libre du tube. Il est très facile de se rendre compte ainsi du jeu pris par des pièces mécaniques à mouvement très rapide.

Rapport de M. Scheurer-Kestner sur une note concernant la **préparation de l'acide sulfurique.**

Note sur la **décomposition de l'eau par une dynamo,** par M. Scheurer-Kestner.

L'auteur a recherché à quel prix on pourrait obtenir l'oxygène par l'électrolyse. Il trouve que pratiquement on pourrait avec une force de 12 chevaux 1/2, obtenir 1 *kg* d'oxygène représentant 700 *l* et 125 *g* d'hydrogène représentant 1,400 *l*, soit avec 12 chevaux 1/2 70 m^3 d'oxygène et 140 d'hydrogène.

A 1 1/2 *kg* de charbon par cheval et par heure, la dépense de houille pour 12 chevaux 1/2 serait de 18.75 *kg*, mais si on déduit le calorique représenté par l'utilisation de l'hydrogène comme combustible, ce chiffre se réduit à 18,14 *t*, valant à 20 *f* la tonne, 0,36, ce que peut être considéré comme le prix de revient du kilogramme d'oxygène en combustible seulement sans tenir compte des autres frais.

Rapport de M. G. Wyss sur un **mémoire signé de la devise « Stahl. »**

Rapport de M. Camille Schoen sur une **albumine de sang dégraissée** destinée à remplacer l'albumine d'œufs.

Méthode pour **rendre solubles les couleurs d'aniline,** de nature basique dans la benzine, le sulfure de carbone, etc., par M. Jules Persoz.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 44. — 1er *novembre* 1890.

Etablissement des canalisations électriques souterraines, par R. Ruhlmann.

Expériences sur la résistance des parois planes, par C. Bach *(fin)*.

Appareil pour le chargement des cornues à gaz de Runge.

Métallurgie du mercure.

Bibliographie. — Manuel de la théorie potentielle, de von Honestadt.

Variétés. — Congrès international des métallurgistes aux États-Unis. — Jubilé de l'Académie des mines de Leoben.

N° 45. — 8 *novembre* 1890.

John Ericsson et Gustave Adolphe Hirn, par A. Slaby.

Etablissement des canalisations électriques souterraines, par R. Ruhlmann *(suite)*.

Les machines de l'industrie textile à l'Exposition universelle de Paris en 1889, par G. Rohn *(suite)*.

Groupe de Mannheim et de Francfort. — Excursion collective à Worms et à Frankenthal. — Relations entre les chemins de fer et la navigation intérieure.

Bibliographie. — Construction des chaudières et disposition de leur chauffage au point de vue de la fumivorité, par l'Association générale allemande de surveillance des appareils à vapeur.

Correspondance. — Rédaction des descriptions de brevets d'invention.

Variétés. — Congrès international des métallurgistes aux États-Unis *(fin)*.

N° 46. — 15 *novembre* 1890.

Eclairage de l'Ems inférieure et phare de Campen, par C. Riensberg.

Tôles ondulées et leur emploi pour les couvertures, par A. Bollinger.

Etablissement des canalisations électriques souterraines, par R. Ruhlmann *(fin)*.

Industrie textile. — Machines à dévider, pelotonner et peser.

Groupe de Cologne. — Situation de l'industrie allemande et examen des moyens à employer pour sa défense.

Correspondance. — Progrès dans la pose des voies de chemins de fer.

Variétés. — Projet de loi pour la protection des marques de fabrique. — Congrès international d'ingénieurs à Chicago, en 1893.

N° 47. — 22 *novembre* 1890.

Accident du paquebot *City of Paris*, par Otto H. Mueller.

Tôles ondulées et leur emploi pour les couvertures, par A. Bollinger *(fin)*.

Classeur à vent, par L. Stuhl.

Bibliographie. — Paratonnerres, par le Dr A. von Waltenhofen. — Compte rendu de l'industrie chimique en 1889, par le Dr F. Frischer.

Correspondance. — Vitesse la plus avantageuse de l'eau dans les conduites. — Ecoles techniques moyennes.

Variétés. — Congrès international des métallurgistes aux États-Unis. — Barrage à Chemnitz. — Un million de tonnes d'acier Thomas. — Exposition internationale à Francfort-sur-le-Mein, en 1889. — Dépenses d'établissement du chemin de fer métropolitain de Berlin. — Chemin de fer électrique souterrain à Vienne. — Chemin de fer électrique souterrain à Londres. — Chemin de fer à crémaillère de Pikes'Peak. — Le premier éclairage à incandescence. — Locomotive express du chemin de fer du Gothard. — Cuirassé russe *Les Douze-Apôtres*. — Marine de guerre des Etats-Unis. — Production des houillères belges. — Produc-

tion de la fonte brute aux Etats-Unis. — Production de l'acier Bessemer aux Etats-Unis. — Production du cuivre dans le monde. — Exposition nationale à Prague, en 1891.

N° 48. — 29 *novembre* 1890.

Utilisation des combustibles, par G. Schimming.

Accident du paquebot *City of Paris*, par Otto H. Mueller *(fin)*.

Propagation des efforts dans les corps élastiques, par A. Ritter.

Lignes de flottaison dans les navires anglais.

Groupe de Wurtemberg. — Epuration des eaux pour les usages industriels. — Gaz Dowson.

Variétés. — Tramways à air comprimé. — Système de traction par câble de Jud. — Flottes commerciales des principaux pays. — Nouveaux ponts de chemin de fer à Dirschau et à Marienburg. — Distribution de force par l'air comprimé à Rixdorf, près Berlin. — Pavage en bois à Londres. — Chemin de fer sibérien. — Poteau tubulaire pour fils électriques.

Pour la Chronique et les Comptes rendus,

A. Mallet.

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE. — 27452-12-90.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

DÉCEMBRE 1890

N° 6

Pendant le mois de décembre 1890, la Société a reçu :

31892 — De M. J.-B. Berlier (M. de la S.). *Les tramways tubulaires souterrains de Paris*. In-4° de 38 p. avec pl. Paris, J. Cusset, 1890.

31893 — De M. J. Duclout (M. de la S.). *República argentina Deuda publica exterior y capitales europeos empleados por Sociedades anonimas*. Buenos-Aires, F. Lajouane, 2 exemplaires 1890.

31894 — *Bibliothèque technique internationale. Index méthodique et catalogue descriptif par ordre des matières des publications techniques*, par F. de Szczepanski. In-8 de 80 p., 1re année 1889. Paris, E. Bernard et Cie, 1889.

31895 — De M. H. Doat (M. de la S.). *Avant-projet de la conduite d'eau de la ville de Tokio* par la Compagnie Générale des eaux pour l'étranger. In-8 de 90 p. avec pl. Liège, H. Vaillant-Carmanne, 1890.

31896 — *Répertorium der Technischen Journal Littératur*, par Dr Rieth. Grand in-8 de 362 p. Jahrang 1889, Berlin, C. Heymans, 1890.

31897 — De M. Corthell (M. de la S.). *The Illustrated Worlds Fair Chicago*. In-folio n° 1. Vol. I, 1890.

31898 — De la Chambre de commerce de Rouen. *Dire à l'enquête sur le projet d'un canal maritime de Paris à la mer*. Petit in 4° de 24 p. E. Lapierre, Rouen 1890.

31899 — De la Société technique de l'industrie du gaz. *Compte rendu du 17e Congrès tenu les 17, 18 et 19 juin 1890 à Lyon*. Grand in-8 de 818 p. avec pl. Paris. Société anonyme de publications périodiques, 1890.

31900 — De M. A. Brunner (M. de la S.). *Von Munchen nach Glascow*. In-4° de 10 p. avec pl., Berlin, 1890.

31901 — Du Conseil général de la Seine-Inférieure. *Paris port de mer : enquête d'utilité publique sur le projet de M. Bouquet de la Grye*. Petit in-4° de 28 p. Rouen, Ch. F. Lapierre, 1890.

31902 — De M. J. Bédard. *Fonderies et ateliers de construction à Commentry. Spécialité de matériel pour mines et usines. Catalogue*. In-4° de 50 p. Commentry, 1890.

31903 — De M. H. Le Chatelier. *Le grisou et ses accidents*. Petit in-8° de 23 p. Paris, O. Doin, 1890.

31904 — *Les expositions de l'Etat au Champ-de-Mars*. In-4° tome I. Paris. Imprimerie des Journaux Officiels, 1890.

31905 — De M. H. Guyon (M. de la S.). *L'éclairage électrique par le gaz dynamogène*, par H. Guyon et L. Metais. In-4° de 26 p. avec pl. Paris, R. Meunier.

31906 — De M. A. Carnot. *Minerais de fer de la France, de l'Algérie et de la Tunisie*. In-8° de 163 p. Paris, Dunod, 1890.

31907 — Du même. *Sur les sources minérales de Cransac* (Aveyron). In-4° de 4 p. Paris, Gauthier-Villars, 1890.

31908 et 31909 — De M. Ghersevanoff (M. de la S.). *Recueil de l'Institut Impérial des Ingénieurs des voies de communication Alexandre-I, tome XVII. Travaux des professeurs et objets servant aux cours de l'Institut*. In-8° avec atlas, grand in-4°. St-Pétersbourg, 1890.

31910 — Du même, tome XVIII. *Matériaux pour les cours de l'Institut. Travaux de la Commission concernant la fabrication, l'application et les essais de ciment Portland pour la construction des ports*. Saint-Pétersbourg, 1890.

31911 — De M. F. Dehaitre (M. de la S.). *Construction générale de machines et appareils pour le traitement et l'apprêt des tissus. Industrie de la soie et de ses dérivés*, tome III, album in-4° de 216 p. Valence, J. Céas et fils, 1890.

31912 — De M. H. Mathieu (M. de la S.). *De la consommation des traverses en bois employées sur les voies du réseau français*. Petit in-4° de 10 p. Paris, Dunod, 1890.

31913 — De M. Herzenstein (M. de la S.). *Réception des Ingénieurs russes à Paris en 1889. Conférence faite par l'Ingénieur Herzenstein à la Société Impériale Polytechnique de Russie le 10 mars 1890*. In-8° de 16 pages. Saint-Pétersbourg, 1890. 3 exemplaires.

31914 — De M. Cornuault (M. de la S.). *Compte rendu des travaux de la Commission nommée par le Ministre de l'Intérieur le 31 janvier 1890, en exécution de l'article 48 du traité intervenu le 7 février 1870 entre la Ville de Paris et la Compagnie Parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz. Procès-verbaux. Rapport général, pièces annexes*. Paris, Imprimerie Nouvelle, 1890.

31915 — De la Societa degli Ingegneri et degli architetti italiani. *Catologo della Biblioteca 1890*. Grand in-8°. Roma, 1890.

31916 — De M. R. Varennes. *La vitesse des trains de long parcours sur les chemins de fer*. In-4°. Paris, Beaudelot et Méliès, 1890.

31917 — De M. E. Peny (M. de la S.). *L'assurance ouvrière dans les mines et la réorganisation des caisses de secours et de prévoyance en faveur des ouvriers mineurs*. In-8° de 60 p. Bruxelles, E. Ramlot, 1890.

31918 et 31919 — Du Ministère des Travaux Publics. *Service hydrométrique du bassin de la Seine. Observations sur les cours d'eau et la pluie. Résumé, année 1889*. Grand in-8° et in-folio. Versailles, E. Aubert, 1890.

31920 — De M. Deghilage (M. de la S.). *Notes sur les locomotives pour voie normale à l'Exposition de 1889*. In-4°. Paris, Vve Ch. Dunod, 1890

31921 — Du Ministère des Chemins de fer, Postes et Télégraphes de Belgique. *Chemins de fer, Postes et Télégraphes, Marine de Belgique. Compte rendu des opérations pendant l'année 1889.* Bruxelles, J. Gœmaere, 1890.

31922 — De M. E. Chabrier (M. de la S.). *Les chemins de fer de pénétration en Algérie.* Lettre de M. J. Michel à M. E. Chabrier. In-8° de 7 p. Paris, Génie Civil, 1890.

31923 — Du Même. *Les chemins de fer départementaux et les grandes Compagnies.* In-8° de 12 p. Paris, Génie Civil, 1890.

31924 — De M. L. Cornuault (M. de la S.). *Conférences-visites à l'Exposition universelle de 1889,* par l'Association amicale des anciens élèves de l'Ecole Centrale. In-8° de 376 p. Paris, L. Maine, 1890.

MEMOIRES ET MANUSCRITS

2094 — De M. Chaudy (M. de la S.). *Contribution à l'Étude de la Stabilité des voûtes et des coupoles en maçonnerie.*

2095 — De M. Aug. Normand (M. de la S.). *La Machine à vapeur (Note sur les Torpilleurs).*

2096 — De M. Duroy de Bruignac (M. de la S.). *Remarques sur le zéro absolu de température et le cœfficient de dilatation.*

2097 — De M. Chabrand (M. de la S.). *Essai historique sur les origines des mines métalliques et de la métallurgie dans les Alpes du Dauphiné.*

2098 — De M. Leloutre (M. de la S.). *Recherches expérimentales et analytiques sur les machines à vapeur. Théorie générale de la machine à vapeur et théorie de l'enveloppe.*

2099 — De M. H. Guyon (M. de la S.). *Le gaz dynamogène et ses applications.*

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE DÉCEMBRE 1890

Séance du 5 Décembre 1890.

Présidence de M. V. Contamin

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance précédente est adopté.

M. le Président se trouve dans la pénible nécessité d'ouvrir la dernière séance de cette année, consacrée à nos études professionnelles, par l'annonce du décès de quatre de nos collègues enlevés à l'affection de leurs familles et de leurs amis, depuis notre dernière réunion.

M. Ignacio Pédralbès, sorti de l'École centrale en 1860, a été l'un des représentants les plus estimés et justement aimés de cette pléïade d'Ingénieurs étrangers qui, ayant puisé chez nous les connaissances scientifiques et pratiques nécessaires à l'exercice de leur profession, ont puissamment aidé à développer dans leurs pays respectifs les premiers éléments de l'enseignement scientifique, et contribué dans une large mesure à y propager les sentiments d'estime et de bonne amitié que nous sommes heureux de voir témoigner à notre pays par les Républiques du Sud de l'Amérique. Il a occupé dans sa patrie les plus hautes fonctions auxquelles un Ingénieur puisse prétendre et conquis, par la rectitude de son caractère et la valeur de ses travaux, la considération et l'affection de tous ceux qui l'entouraient.

La Société adresse ses condoléances les plus sincères à sa famille et partage les regrets que la disparition subite de ce collègue a fait éprouver à tous ses amis.

M. Maillet, qui était membre de notre Société depuis 1881, occupait les importantes fonctions de chef de l'exploitation du chemin de fer de l'Ouest-Algérien. Arrivé à cette haute situation par son travail personnel et grâce au dévouement et au zèle avec lesquels il savait défendre les intérêts qui lui étaient confiés, il ne laisse derrière lui que de bons souvenirs. Il réservait toujours le meilleur accueil aux collègues qui

s'adressaient à lui, et c'est avec un sentiment de véritable tristesse que nous nous associons aux regrets de sa famille et de tous ceux qui l'ont connu.

M. Bede, Ingénieur de nationalité belge, n'était membre de notre Société que depuis l'année dernière ; c'est de tout cœur que nous adressons nos condoléances les plus sympathiques à sa famille éplorée.

M. Aristide Mauget était ancien élève de l'École des arts et métiers d'Angers, et ancien Ingénieur de la maison Degousée et Laurent, pour laquelle il a eu à diriger d'importants travaux de sondages en France et en Italie, notamment ceux des puits artésiens du Jardin du palais du Roi et de la place Vittoria, à Naples. C'est grâce aux études géologiques approfondies qu'il fit de toute cette contrée que furent entrepris par la suite avec le plus grand succès, de très nombreux forages artésiens dont les résultats sont utilement appliqués à l'alimentation publique, à l'industrie, etc. Le gouvernement italien avait reconnu les éminents services rendus par M. Mauget, en le nommant, en 1860, chevalier des ordres de Saint-Maurice et Lazare.

Après avoir été pendant plusieurs années l'associé de la maison Degousée et Laurent, avec notre collègue M. Lippmann, il se retira de la vie active en 1871.

Pendant sa longue et laborieuse carrière, l'aménité de son caractère, sa courtoisie, son honnêteté et sa droiture lui avaient valu la sympathie et le respect de tous ceux qui avaient été appelés à avoir des rapports avec lui.

M. le Président a le plaisir d'annoncer la nomination au grade de Chevalier de l'ordre du Christ de Portugal de notre collègue, M. A. S. Bocquet, Ingénieur des plus estimés dans l'industrie du sucre et qui a toujours représenté notre corps du Génie civil avec une très grande autorité dans les pays étrangers où il a longtemps séjourné.

M. le Président est heureux de pouvoir annoncer à la Société un don tout particulièrement sympathique que vient de lui adresser l'un des représentants les plus connus et les plus estimés de tous ceux qui s'occupent de la grande industrie du fer, de la fonte et de l'acier, ainsi que de leurs applications : M. César Jolly, dont la réputation professionnelle est si justement établie nous a abandonné spontanément, non seulement les bons qu'il avait souscrits pour la réception des Ingénieurs étrangers, mais aussi la somme versée avant répartition, soit en tout 2 500 *f*. C'est là un témoignage de considération dont la Société ne peut que lui être profondément reconnaissante, et dont votre Président s'est empressé de se faire l'interprète en lui adressant ses plus chaleureux remerciements.

M. le Président est heureux en même temps de remercier notre sympathique collègue, M. le baron Sadoine, qui vient de nous faire parvenir un chèque de 500 *f* à l'occasion de sa nomination au grade de Commandeur de l'Ordre de la Légion d'honneur.

M. le Président donne communication d'une lettre de M. Ollendorf, directeur du personnel et de l'enseignement technique au Ministère du

commerce, de l'industrie et des colonies, le priant d'annoncer à la Société qu'un concours aura lieu le lundi 12 janvier prochain pour la nomination de deux professeurs de dessin et de répétiteurs de mécanique et de mathématiques dans les Écoles d'arts et métiers. Les programmes sont déposés au siège de la Société à la disposition des intéressés.

M LE PRÉSIDENT a eu le plaisir de recevoir de M. Corthell, notre représentant si dévoué à Chicago, un article complémentaire sur l'état actuel des travaux de l'Exposition qui doit être inaugurée en 1893 dans cette grande et belle cité américaine. Cet article sera traduit et analysé dans une prochaine séance.

M. LE PRÉSIDENT propose à la Société de supprimer la séance du 2 janvier; peu de membres pourraient y assister et l'ordre de nos réunions ne nous permet pas de la reculer simplement de huit jours.

Cette proposition mise aux voix est adoptée.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Bert pour sa communication sur la *Convention internationale du 20 mars 1883 pour la protection de la propriété industrielle, et la Conférence de Madrid du 14 avril 1890.*

M. EMILE BERT rappelle que la Convention internationale du 20 mars 1883 a déjà fait l'objet de plusieurs communications à la Société. Il a pensé qu'il était intéressant de signaler les différentes modifications qui sont proposées par la Conférence internationale qui s'est réunie à Madrid au mois d'avril dernier.

Les États qui font actuellement partie de l'Union internationale pour la propriété industrielle, sont les suivants :

Belgique, Brésil, Espagne, États-Unis d'Amérique, France, Grande-Bretagne, Guatémala, Italie, Norvège, Pays-Bas, Portugal, République Dominicaine (1), *Serbie, Suède, Suisse et Tunisie.*

Dès l'entrée en vigueur de cette convention, de nombreuses critiques se sont élevées contre elle et principalement sur les articles 5 et 10. Une Conférence internationale, qui s'est réunie à Rome en 1886, avait encore aggravé la situation en donnant à l'article 10 du texte primitif une interprétation qui avait pour résultat de rendre inapplicable l'article 19 de la loi du 23 juin 1857. Aussi cette interprétation souleva-t-elle chez nous une vive opposition, qui a eu pour conséquence d'empêcher la mise en pratique des résolutions votées par la Conférence de Rome de 1886 et dont il a eu l'honneur d'entretenir la Société à la séance du 15 octobre 1886 (2).

Une nouvelle Conférence s'est réunie à Madrid au mois d'avril dernier. Tous les États de l'Union, à l'exception de la Serbie, y étaient représentés. L'Allemagne même, quoique ne faisant point partie de l'Union, avait envoyé un délégué pour se rendre compte des travaux de la Conférence auxquels, bien entendu, il n'a pas participé.

Cette Conférence, qui a tenu neuf séances, n'a point modifié le texte primitif de la Convention; elle s'est contentée de rédiger quatre projets d'arrangement concernant :

(1) La République Dominicaine avait cessé de faire partie de l'Union le 15 mars 1888; elle vient d'y accéder de nouveau le 11 juillet 1890.

(2) *Bulletin 1886*, 2e semestre, page 422.

1° La répression des fausses indications de provenance sur les marchandises;

2° L'enregistrement international des marques de fabrique et de commerce;

3° L'interprétation et l'application de la convention;

4° La dotation du Bureau international de l'Union pour la protection de la propriété industrielle.

Ces quatre projets sont distincts les uns des autres, et les pays contractants ne sont pas obligés de les accepter tous; ils peuvent notamment rester dans l'Union en acceptant ou en n'acceptant pas le premier d'entre eux; par suite, la législation conventionnelle aurait à l'avenir pour base le texte de 1883 modifié, pour les pays qui les adopteraient, par les arrangements que je viens d'indiquer.

Il n'y aura donc plus un texte unique applicable à tous les pays, mais une convention restreinte.

Cette disposition me parait des plus malheureuses, car l'Union internationale ne peut répondre au but poursuivi, que si tous les pays adhérents admettent le même texte. Il faut espérer que cette faculté d'adhésion partielle ne sera pas ratifiée.

Je vais maintenant, dit M. E. Bert, analyser rapidement les dispositions adoptées par la Conférence de Madrid et qui sont proposées à la ratification des pays de l'Union.

Les procès-verbaux des réunions tenues à Madrid n'ont pas été publiés, et ils ne le seront, parait-il, qu'après la ratification des modifications proposées. Cela est fort regrettable, car nous n'avons pour étudier ces modifications que leur texte et le commentaire publié, à titre *officieux*, par le journal « *la Propriété Industrielle*, organe *officiel* du Bureau international de l'Union pour la protection de la Propriété industrielle »; il est certain que si les procès-verbaux de la Conférence avaient été publiés, nous aurions pu y trouver d'utiles indications pour comprendre le sens et la portée de quelques-unes des modifications proposées, qui manquent de clarté.

Les procès-verbaux de la Conférence de Rome avaient été publiés au bout de quelques mois, et ils avaient permis d'apprécier à leur juste valeur les modifications proposées. Les arguments présentés par quelques délégués avaient même produit une grande impression et contribué puissamment à empêcher la ratification des dispositions proposées à cette époque. Est-ce pour éviter qu'il en soit encore ainsi que les procès-verbaux de la Conférence de Madrid ne sont pas encore publiés? En tout cas, cette mesure est fort regrettable, car elle empêche de se rendre compte de la portée exacte de plusieurs dispositions dont la rédaction est loin d'être aussi précise qu'on pourrait le désirer.

Premier projet. — Arrangement concernant la répression des fausses indications de provenance sur les marchandises. — En ce qui concerne les fausses indications de provenance, la Conférence de Madrid a donné satisfaction aux justes réclamations de l'industrie française. Les six articles qui y sont relatifs n'ont été adoptés qu'à la suite d'une vive discussion. Ce sont les idées défendues par les délégués français qui ont prévalu, mais avec quelques modifications. La délégation belge, au

contraire, trouvait qu'on allait trop loin en admettant que l'indication de provenance, apposée sur une marchandise, ne pouvait légitimement consister que dans la mention du lieu d'origine de cette dernière. Elle estimait que ce n'est souvent pas le lieu de fabrication, qu'il importe le plus aux consommateurs de connaitre, mais bien l'adresse du négociant, réputé pour le soin qu'il apporte au choix de ses marchandises. On a fait remarquer aussi que les tribunaux français avaient décidé qu'un marchand de papier, par exemple, pouvait licitement mettre sa propre adresse sur du papier fabriqué à l'étranger. Les délégués français consentirent à accorder cette faculté aux négociants. Le délégué de Suède et Norvège soutint cette solution en disant que le droit, qu'avait le négociant d'apposer son adresse sur les produits vendus par lui, ne devait pas aller jusqu'à lui permettre de tromper le public sur leur origine.

Les trois premiers articles du premier arrangement sont conformes au projet de loi Bozérian sur les indications de provenance actuellement soumis au Sénat, et à l'article 18 de la loi suisse du 26 septembre 1890 sur les marques de fabrique.

L'article 4 accorde aux tribunaux de chaque pays le droit de décider quelles sont les appellations qui, à raison de leurs caractères généraux, échappent aux dispositions de l'arrangement. Il s'agit des désignations dans lesquelles entre un nom de ville ou de pays, sans aucune idée d'indication d'origine, comme les dénominations « gants de Suède », « eau de Cologne ».

La fin de l'article 4 apporte une restriction au pouvoir d'interprétation des tribunaux en ce qui concerne les produits vinicoles.

Cette restriction a été demandée par les représentants du Portugal auxquels se sont joints les délégués français. Ils faisaient valoir que les tribunaux de certains pays pourraient être enclins à considérer, comme des noms génériques, certains noms de vins ayant une grande réputation comme « Champagne », « Porto », etc. Dans diverses régions on fabrique en effet des vins qui ont avec ceux-ci une certaine analogie, mais en se servant de noms géographiques ; ceux qui vendent ces produits trompent les consommateurs et font un tort considérable aux producteurs des régions nommées.

Les dispositions contre l'abus du droit d'appréciation soutenues par les délégués du Portugal et de la France ont été adoptées malgré une vive opposition de l'Angleterre, ce qui en montre toute l'utilité.

Ces dispositions ont été adoptées par dix voix (Brésil, Espagne, France, Grande-Bretagne, Guatémala, Norvège, Portugal, Suède, Suisse et Tunisie), contre deux (Italie et Pays-Bas) et deux abstentions (Belgique et États-Unis).

Second projet. — Arrangement concernant l'enregistrement international des marques de fabrique et de commerce. — Ces dispositions ne peuvent intéresser qu'un petit nombre de membres de la Société, et je vois inutile de les examiner en détail, alors surtout que leur mise en pratique parait fort difficile.

Troisième projet. — Protocole concernant la dotation du Bureau international de l'Union pour la protection de la Propriété industrielle. — Il concerne la façon dont sont réparties, entre les divers pays de l'Union,

les dépenses du Bureau international, ce qui n'est que d'un interêt secondaire.

Quatrième projet. — Protocole concernant l'interprétation et l'application de la Convention. — L'article 3 de la Convention de 1883 avait donné lieu à certaines critiques concernant l'assimilation, aux nationaux des pays de l'Union, des étrangers qui y étaient domiciliés, ou qui y avaient des établissements industriels ou commerciaux. On trouvait que cet article donnait trop de facilités aux nationaux des pays ne faisant pas partie de l'Union pour profiter des avantages de celle-ci, car il leur suffisait d'établir dans un pays de l'Union un établissement de minime importance pour pouvoir en invoquer le bénéfice. Afin de repondre à ces objections, la Conférence de Madrid a décidé que, pour être assimilé aux sujets ou citoyens des États contractants, le sujet, ou le citoyen d'un pays non contractant, devait être domicilié ou posséder ses principaux établissements sur le territoire de l'un des États de l'Union.

La Conférence de Madrid a aussi donné une définition de ce que l'on doit entendre par les mots *pays d'outre-mer*, indiqués dans l'article 4 du texte de 1883, et a décidé de considérer, comme pays d'outre-mer, les pays extra-européens, qui ne seraient pas riverains de la Méditerranée.

Elle a adopté une disposition très importante en ce qui concerne l'indépendance réciproque des brevets délivrés pendant les délais de priorité accordés par l'article 4 du texte de 1883.

Tous les pays accordent aux étrangers, sans aucune condition de réciprocité, les mêmes droits qu'aux régnicoles ; néanmoins, plusieurs législations prévoient le cas où celui qui demande un brevet en a déjà pris un antérieurement dans un autre pays.

Il peut, par conséquent, se présenter deux cas :

1° L'étranger qui demande un brevet n'en a pas encore pris pour la même invention; dans ce cas, il est traité de la même façon que le régnicole.

2° Avant de demander son brevet, l'étranger a déjà fait breveter son invention dans un ou plusieurs pays.

Dans ce second cas, la durée de son brevet peut être limitée pour plusieurs causes :

1° En France, au Brésil et aux États-Unis, la durée du brevet est limitée par celle du brevet étranger antérieur ayant la plus courte durée.

2° En Belgique et en Italie, la durée du brevet est limitée à celle du brevet étranger ayant la plus longue durée.

3° Dans certains pays, les brevets ne sont accordés que pour une durée plus courte que ceux qui sont délivrés aux nationaux : en Espagne, c'est dix ans au lieu de vingt ans ; au Guatémala, huit ans au lieu de dix; au Portugal, cinq ans au lieu de quinze.

4° Enfin, en Suède, Norvège, Suisse et Grande-Bretagne, il n'y a aucune différence entre les brevets qui sont délivrés pour la première fois dans le pays et ceux qui sont relatifs à une invention déjà brevetée à l'étranger.

En limitant la durée du brevet à celle des brevets antérieurement délivrés, on a voulu que l'industrie nationale ne se trouvât pas dans

une situation inférieure vis-à-vis de celle des autres pays, par le fait qu'elle ne pourrait pas exploiter librement une invention tombée ailleurs dans le domaine public. Cette restriction n'a guère sa raison d'être puisque, si le brevet n'est pris que dans un seul pays, tous les autres ont le droit d'exploiter l'invention qu'il protège, et que, dans ce cas, l'inventeur est mieux traité que celui qui s'est fait breveter dans plusieurs pays. Il n'y a aucune raison pour établir entre eux une semblable différence de traitement. Cette restriction a été combattue énergiquement depuis bien longtemps. Les Congrès de la propriété industrielle, qui se sont tenus à Paris en 1878 et en 1889, ont revendiqué pour les inventeurs « que les droits résultant des brevets demandés dans les différents pays fussent indépendants les uns des autres et non pas solidaires en quelque mesure que ce soit ».

L'article 4 du texte de 1883, en accordant à l'inventeur un délai de priorité de six mois, pour déposer son brevet, dans les divers pays de l'Union, sans qu'il pût être invalidé par des faits accomplis dans l'intervalle comme un autre dépôt, la publication de l'invention ou son exploitation par un tiers, avait laissé irrésolue la question de savoir si les brevets délivrés, pendant ce délai de six mois, pourraient être affectés, en ce qui concerne leur durée, par les causes de déchéance rappelées précédemment.

La nouvelle rédaction adoptée par la Conférence de Madrid décide que tous les brevets seront indépendants les uns des autres ; par suite, les inventeurs des pays de l'Union n'auront plus à craindre que la durée de leur brevet soit affectée par celle des brevets précédents.

En ce qui concerne les sens du mot *exploiter*, contenu dans l'article 5 du texte de 1883, la Conférence de Madrid a reproduit les dispositions adoptées à Rome et qui donnent à chaque pays le droit de déterminer le sens dans lequel il y a lieu d'interpréter chez lui le mot *exploiter*. Cette disposition peut donner satisfaction, dans une certaine mesure, aux vives réclamations des fabricants français. Ceux-ci craignaient que l'article 5 ne permît aux étrangers d'introduire librement en France des objets fabriqués à l'étranger, pourvu qu'ils s'y livrassent à un semblant d'exploitation. On allait même jusqu'à dire qu'il suffisait de vendre des produits brevetés en France, bien qu'ils fussent fabriqués à l'étranger, pour satisfaire à l'article 32 de la loi du 5 juillet 1844.

Il est regrettable que la Conférence de Madrid n'ait pas déterminé, plus exactement, la portée de l'article 5 du texte primitif, en ce qui concerne la faculté d'introduction par le breveté, d'objets fabriqués à l'étranger et semblables à ceux qui font l'objet de son brevet; car il est bien difficile de savoir actuellement quelle est l'étendue de la liberté que l'on donne au breveté.

D'après l'article 5 du quatrième projet, les marques de fabrique municipales ou collectives seront protégées au même titre que les marques individuelles. Le second paragraphe de cet article porte « qu'une marque de fabrique ne pourra tomber dans le domaine public, dans l'un des Etats de l'Union, aussi longtemps qu'elle sera l'objet d'un droit privatif dans le pays d'origine ». Cette disposition étend à l'infini le délai de priorité de trois mois concédé par l'article 4 du texte de

la Convention de 1883. A l'avenir, « aucun délai ne peut assurer la jouissance exclusive d'une marque faisant l'objet d'un droit privatif antérieur dans un autre pays (1). »

L'article 6 est relatif à la protection temporaire des inventions, dessins et marques admis à une Exposition officielle, et stipule que les délais prévus aux articles 4 et 11 (du texte de 1883) s'ajoutent.

Les autres articles sont de pure forme.

Voilà, dans leur ensemble, les modifications présentées par la Conférence de Madrid.

Elles n'entreront en vigueur que si elles sont ratifiées : le seront-elles?

Les Chambres de commerce ont été consultées par le Ministre du Commerce et de l'Industrie; mais le résultat de cette enquête n'a pas été publié par le Ministère.

M. Emile Bert connait les résolutions prises par beaucoup de Chambres de commerce et il a constaté, qu'à la presque unanimité, elles étaient opposées à la ratification des arrangements proposés par la Conférence de Madrid, et que beaucoup d'entre elles demandaient même la dénonciation pure et simple de la convention de 1883.

M. le Président remercie M. Bert de cette communication qui complète si bien l'ensemble de ses beaux travaux sur l'économie politique et sur la Propriété industrielle.

M. Ch. Assi dit qu'il ne veut pas entrer à son tour dans la discussion de la Convention additionnelle de Madrid, afin de ne pas retarder la communication de M. Aug. Normand; mais M. Bert ayant exprimé l'espoir, en terminant, que cette Convention ne serait pas ratifiée par le Parlement, il tient à exprimer un vœu en sens contraire pour qu'il soit consigné au procès-verbal. A moins, en effet, que la France ne se retire complètement de l'Union internationale créée sur son initiative, en 1883, pour la répression des fraudes dans le domaine industriel, on doit préférer voir appliquer la Convention de 1883 avec les amendements que la Conférence de Madrid vient d'y apporter. Or, il ne parait pas possible à M. Assi que l'Union internationale ait pour adversaire la Société des Ingénieurs civils, qui semble tout naturellement désignée pour donner des avis éclairés sur tout ce qui touche à la prospérité de l'industrie française.

L'Union internationale n'a été constituée, en effet, qu'à la demande du monde industriel et commercial, qui la réclamait depuis longtemps lorsque le gouvernement français a pu, à son grand honneur, la réaliser entre un nombre très respectable de pays, auxquels plusieurs autres, tels notamment que les États-Unis d'Amérique, sont venus se joindre plus tard.

Il y aurait quelque ingratitude, dit M. Assi, à méconnaitre les résultats obtenus et qui sont déjà considérables, surtout avec le texte adopté récemment à Madrid, lequel ne prête plus le flanc aux mêmes critiques que celui voté par la Conférence de Rome en 1886; ce dernier, d'ailleurs, n'a jamais été ratifié et n'a donc pu avoir d'inconvénients.

(1) *La Propriété Industrielle*, 1890, p. 123.

Ce serait, d'autre part, une grande faute que de renoncer à la Convention, sous prétexte qu'elle n'est pas encore exactement telle qu'on pourrait la désirer. Il faut tenir compte qu'elle n'est en vigueur que depuis 1884, c'est-à-dire depuis six ans, et que la question présente des difficultés faciles à imaginer, dont les unes tiennent à la matière même, qui est très complexe, très délicate, et dont les autres naissent des antagonismes d'intérêts entre les différents pays. Et, néanmoins, l'accord existe dès à présent sur des points d'une extrême importance : M. Bert vient de le dire, la Conférence de Madrid a décidé que les brevets pris par un inventeur dans les pays de l'Union auront à l'avenir une existence absolument indépendante de celle des brevets qu'il aura pu prendre antérieurement dans des pays quelconques pour la même invention; les inventeurs ne seront donc plus forcés de continuer à soutenir des brevets dont l'exploitation se trouve ne pas être rémunératrice, dans le seul but d'éviter la chute des brevets fructueux qu'ils possèdent dans d'autres pays pour la même chose; il y a là un progrès très sérieux. D'autre part, la Convention internationale assure, comme minimum, aux ressortissants à l'Union, et par exemple aux Français, le traitement national dans tous les pays faisant partie de cette Union; elle leur garantit, d'un autre côté, la propriété des noms commerciaux, même sans formalité de dépôt et même dans les pays de l'Union qui ne possèdent pas de loi sur la matière; elle leur permet aussi d'empêcher *à l'étranger*, sur tout le territoire de l'Union, l'importation de marchandises marquées faussement du nom d'un fabricant français ou de celui d'une ville de fabrique française, etc.

On a donc déjà fait du chemin, et comme la Convention renferme un article qui oblige à la soumettre à des revisions périodiques, — disposition excellente, — il est permis d'espérer qu'on en aura fait encore davantage dans quelques années.

Au surplus, lorsqu'un problème n'a qu'une seule solution, il est clair qu'on doit s'en tenir imperturbablement à cette solution-là, en la travaillant sans cesse pour l'amener aussi près que possible de la perfection; il ne faut ni se décourager, — surtout quand il s'agit d'un résultat très considérable à atteindre, — ni perdre ses efforts dans une autre direction, qui ne saurait conduire au succès. Or, la protection complète des inventeurs, des industriels et des commerçants contre la spoliation et la fraude ne peut être obtenue qu'au moyen d'une entente internationale, qui fera disparaître certaines incompatibilités existant entre les législations des divers pays, et qui, d'autre part, est le seul moyen pratique, pour nous, d'obtenir d'un pays étranger, à charge de revanche, bien entendu, la répression des fausses indications de provenance au moyen desquelles ses nationaux, ou ceux des autres pays de l'Union, chercheraient à nous faire une concurrence déloyale hors de France; nos lois de 1824 et de 1857 ne nous permettaient de réprimer ces délits qu'en France même.

Il convient d'ailleurs de remarquer, en fait, que la Convention, si imparfaite qu'on la puisse trouver, n'a toujours pas fait à notre industrie une situation moins bonne qu'auparavant; au contraire.

Le temps me manque, dit en terminant M. Ch. Assi, pour discuter

la question au fond; je ne demande donc pas à mes collègues de se prononcer dès aujourd'hui dans un sens opposé à celui indiqué par M. Bert, mais il est désirable au moins que la question reste ouverte.

M. Périssé dit que, à son avis, la communication de M. E. Bert ne comporte pas toutes les déductions que vient de développer M. Assi. Il n'est pas nécessaire que tous les États de l'Union adhèrent à tous les arrangements proposés par la Conférence de Madrid et il peut se former une Union restreinte entre ceux qui accepteront le premier, qui est essentiellement favorable aux intérêts français. Aussi souhaite-t-il qu'il entre en pratique.

M. Émile Bert répond qu'il considère comme très fâcheuse cette faculté de pouvoir rester dans l'Union sans en accepter toutes les conséquences; il lui semble que tous les États devraient être tenus d'accepter les quatre arrangements de la Conférence de Madrid, sans quoi ils seraient considérés comme ne faisant plus partie de l'Union. Il ne faut pas permettre à certains pays de profiter des avantages que peut procurer la Convention internationale, sans être astreints à en supporter la contre-partie. Est-il admissible qu'il soit permis à des nations de s'en tenir au texte de l'article 10 (de 1883) si contraire aux intérêts français? ce qui aurait évidemment lieu dans le cas où on leur accorderait de rester dans l'Union en n'adhérant pas au premier arrangement de la Conférence de Madrid?

Et même, le texte de Madrid est-il aussi important pour les intérêts français que le disait tout à l'heure M. Périssé? M. E. Bert ne le croit pas. Ses avantages sont beaucoup plus apparents que réels. Il permet, dit-on, la répression des fraudes qui consistent à faire un usage frauduleux des noms de localités spécialement renommées pour certains produits. En théorie, oui; mais en pratique en sera-t-il de même?

Dans les pays où la législation intérieure punit ce genre de fraude, comme en France, en Angleterre, en Suisse, la répression sera certainement efficace; la Convention internationale n'augmente en rien d'ailleurs la portée de ces législations. Pour les pays de cette catégorie, elle est donc sans utilité.

Mais, dans les pays où, comme en Italie, la législation intérieure ne réprime point ces usurpations, que se passera-t-il? En vertu de la Convention internationale, on aura le droit d'intenter un procès devant les tribunaux d'Italie, qui, n'ayant aucun texte de loi à appliquer (la législation italienne n'en comportant pas et la Convention internationale ne renfermant aucune disposition pénale), ne condamneront personne. En ce qui concerne ce pays, il ne faut pas oublier que son délégué à la Conférence de 1886 a déclaré que la « législation italienne ne prévoit, ni ne punit les fausses indications de provenance, et que le Parlement de ce pays n'est pas disposé à prendre l'engagement de faire saisir en Italie tous les produits nationaux ou étrangers portant de semblables indications ». Ici encore, la Convention internationale ne sert à rien.

M. Emile Bert ajoute qu'il n'est point un adversaire des traités internationaux et qu'il est, au contraire, partisan d'une Convention internationale pour le protection de la propriété industrielle. Ce qu'il critique,

ce n'est donc point le principe, mais les dispositions mêmes de la Convention de 1883 (modifiées ou non par les arrangements de Madrid), qui ne présentent que des inconvénients pour l'industrie et le commerce français. Les quelques avantages que l'on pourrait en retirer sont paralysés par les incertitudes ; c'est un véritable nid à procès.

Le délai de priorité que l'on accorde, par exemple, aux inventeurs pour déposer leurs brevets dans les divers pays de l'Union, n'est pas sans danger puisque les brevets sont souvent dépendants les uns des autres. Or, les inventeurs ont à leur disposition, moyennant une faible dépense d'argent, un moyen absolument sûr pour obtenir une protection efficace par des brevets indépendants les uns des autres.

Et, d'un autre côté, ne constatons-nous pas que l'administration de certains pays de l'Union, notamment de l'Angleterre, ne respecte pas le texte de la Convention ? Dans ce pays, par exemple, on oblige l'inventeur français, qui veut invoquer le délai de priorité de six mois, à produire une copie officielle de son brevet, ce qui lui coûte 25 *f* de taxe, sans compter les frais de copie. Aucun texte ne comporte une semblable obligation ; mais il n'en faut pas moins passer par là. En ce qui touche les marques de fabrique, l'administration anglaise agit encore contrairement à la Convention internationale et refuse souvent l'enregistrement de marques françaises. On a bien un recours, il est vrai, mais personne n'ose entamer un procès qui occasionnerait des frais considérables.

M. Emile Bert ajoute qu'il pourrait multiplier les exemples. Quand on étudie à fond le texte de la Convention internationale, on constate qu'elle ne présente aucune disposition réellement favorable à l'industrie française, mais qu'elle renferme de nombreuses dispositions qui lui sont contraires. Ce n'est pas une raison, parce que la France en a pris l'initiative, pour qu'elle y reste indéfiniment attachée, si elle devient funeste à la production nationale par suite des agissements des autres nations adhérentes.

Dans cette situation ne vaudrait-il pas mieux dénoncer la Convention de 1883 et renoncer aux conventions internationales, si l'on ne peut pas arriver à un texte assurant aux inventeurs et au commerce honnête une protection réelle et efficace ?

M. Emile Bert termine en disant que, à son avis, il serait préférable de conclure des traités particuliers avec chaque nation étrangère. On obtiendrait ainsi des résultats bien supérieurs à ceux que pourra donner jamais la Convention internationale du 20 mars 1883.

M. le Président constate le très vif intérêt avec lequel la Société a écouté les considérations complémentaires développées par notre savant collègue. Nous nous trouvons tous intéressés à la protection de nos découvertes intellectuelles à l'étranger, mais sous la condition, bien entendu, que cette protection soit réciproque et comporte une sanction légale dans les pays avec lesquels on traite.

M. D. A. Casalonga fait remarquer que la Convention internationale est une pensée généreuse que la France s'est efforcée de réaliser dès 1878, et pour cela nous devons autant que possible lui rester attachés. Mais il faut reconnaître que cette Convention est entachée d'un vice originel

qui rendra toujours très difficile le perfectionnement que désire et espère M. Assi.

M. E. Bert a bien raison. Il y a de graves défauts dans la Convention; et pour en faire un instrument convenable, il faut commencer par étudier, et faire accepter par tous les pays, une loi internationale unique pour la protection de la propriété industrielle.

M. Casalonga désire ajouter quelques mots sur une question essentiellement technique, celle des brevets d'invention. Il rappelle qu'au Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences, à Limoges, il a exposé les motifs impérieux qui militent en faveur de l'uniformisation des lois sur la propriété industrielle. Comment veut-on qu'une Convention puisse être efficace et utile en présence de ces lois disparates particulières à chaque pays?

Ici on accorde toute liberté à l'inventeur; ailleurs on la lui refuse. En Angleterre, par exemple, le premier arrivant est l'inventeur ou patenté. Aux Etats-Unis les droits du véritable inventeur sont sacrés; mais n'est inventeur aux yeux des Américains que celui qui a obtenu une patente et non pas celui qui l'a demandée, si bien que l'on a vu un inventeur véritable être devancé en ce pays par un autre inventeur, parce que la patente du premier n'avait pas été délivrée avant le dépôt de la demande faite par le second.

En France, en Belgique et dans certains autres pays, on jouit de la faculté de perfectionner une invention par des certificats d'addition; en Angleterre et aux États-Unis, les principes sont tout contraires; on perfectionne en retranchant.

Chaque pays a ses principes auxquels il ne veut pas renoncer; comment dès lors arriver à une entente commune? Les uns exigent que l'objet breveté soit exploité; d'autres ne l'exigent pas. Dans les pays où l'exploitation est exigée, on n'est nullement renseigné sur ce que l'on entend par exploitation véritable; et l'inventeur ignore toujours s'il est en règle avec la loi à ce sujet, à moins qu'il n'ait pu réaliser une exploitation vraiment industrielle et commerciale, ce qui est difficile pour la plupart des inventions, pendant les premières années. Pour les taxes. les systèmes appliqués sont on ne peut plus différents.

Si nous considérons la Convention au point de vue national, il ne semble pas qu'on puisse la critiquer pour ce qui est de la partie commerciale. Le principe fondamental de nos lois sur cette matière, et c'est pourquoi les procès fondés sur la concurrence déloyale sont si dangereux, est une honnêteté scrupuleuse que nous avons voulu faire accepter aux pays contractants. Quelques-uns en ont été gênés à cause de la supériorité de nos produits.

Au point de vue industriel ou des brevets d'invention, on peut regretter que la France ait beaucoup concédé sans autre compensation que le délai de six ou sept mois dont peuvent profiter les inventeurs, et qui n'offre aucun avantage réel aux inventeurs français.

Elle a renoncé à empêcher l'introduction d'objets brevetés fabriqués à l'étranger, et rendu l'appréciation de ce qui constitue « l'exploitation »

plus difficile pour les régnicoles. Si encore, elle avait obtenu à son tour l'abandon de l'examen préalable!

En résumé, pour nous, tant au point de vue moral qu'au point de vue matériel, ce qu'il faudrait, ce serait de fomenter un mouvement d'opinion qui, tout en conservant et en en perfectionnant la Convention, permît d'édicter une loi sur les brevets d'invention qui fût honnête, loyale, libérale et telle qu'elle pût servir de modèle à tous, et être acceptée par les étrangers. Alors la véritable Convention internationale de la propriété industrielle serait faite.

M. le Président constate, par les applaudissements qui viennent d'accueillir les considérations développées par M. Casalonga, l'intérêt avec lequel la Société suit cette discussion sur un sujet intéressant à un si haut degré le développement de l'esprit de recherche parmi tous ceux qui étudient et travaillent à améliorer l'état actuel de nos différentes branches de l'industrie nationale; il remercie tous ceux qui ont pris part à la discussion.

M. Augustin Normand donne lecture d'une « Note sur la machine à vapeur ». Ce travail devant être publié *in extenso* au *Bulletin*, nous n'en donnons ici que des extraits.

M. Normand a livré récemment à la marine nationale plusieurs torpilleurs semblables de 36 *m* de longueur et de 80 *tx* de déplacement en charge, dont l'un, le 128, a été soumis à deux essais de consommation à petite vitesse, de 8 heures, pendant lesquels des courbes ont été relevées toutes les demi-heures, l'état des feux étant constaté aussi exactement que possible au commencement et à la fin.

Les résultats observés sont les suivants :

	1er essai.	2me essai.
Puissance indiquée	119,95 *chx*	112,33 *chx*
Consommation de charbon par cheval et par heure.	0,479 *kg*	0,445 *k*

Il est possible qu'une légère erreur se soit produite dans la constatation de l'état des grilles, mais il paraît difficile qu'elle ait dépassé 8 0/0. Dans ce cas, la consommation n'atteindrait encore que 0,500 *kg*.

Cette consommation est sans précédent, étant donné surtout que la pression à la chaudière n'a pas dépassé 4,30 *kg* et que les volumes morts atteignent 10,6 0/0 du volume engendré pour le petit cylindre et 6,4 0/0 pour le grand.

A toute puissance, environ 1 000 chevaux, la consommation ne paraît pas avoir dépassé 0,87 *kg*.

Des extraits des rapports officiels donnant la description de l'appareil moteur et les tableaux des essais de consommation sont annexés à la note.

Les éléments de la chaudière du type locomotive sont :

Surface de grille à toute puissance	2,82 m^2.
Surface de grille aux essais de consommation. . .	1,62 m^2.
Surface de chauffe totale	132,21 m^2.

Elle présente plusieurs dispositions spéciales, entre autres les sui-

vantes . l'épaisseur des lames d'eau latérales du foyer est partagée par une feuille de laiton qui sépare les courants ascendants et descendants; les tubes sont rétreints sur une longueur de 0,40 *m* du côté de la boite à feu, afin de laisser un passage plus grand à la vapeur dont la production est énorme dans cette partie de l'appareil.

La machine est à pilon, à double expansion. Ses dimensions sont :

Diamètre du cylindre d'admission. . . . . 0,440 *m*.
Diamètre du cylindre d'expansion . . . . 0,692 *m*.
Course. . . . . 0,440 *m*.

Elle se distingue des appareils similaires par les particularités suivantes :

1° Des soupapes déchargeant dans la boite à tiroir sont placées à chaque extrémité du petit cylindre; dès que la pression à l'intérieur dépasse celle de la boite, la vapeur s'échappe du cylindre pour retourner dans la boite.

2° Un tiroir spécial enlève de la vapeur au grand cylindre lorsque le piston atteint la moitié de sa course et l'envoie à un réchauffeur par surface que traverse l'alimentation dans son trajet entre les pompes alimentaires et la chaudière. La température de l'alimentation atteint ainsi 70° à petite et 100° a grande puissance.

3° Le condenseur par surfaces est formé de tubes cintrés, mandrinés dans les plaques de tête. Les dilatations inégales des tubes déterminent une légère variation de la flèche de courbure et on n'a pas à craindre les défauts d'étanchéité qui se produisent avec tous les genres de garnitures connus, lorsque le torpilleur est resté quelque temps à sec.

4° Un filtre est disposé dans la bâche et formé de plusieurs lits d'éponges. Cette substance a la propriété d'absorber très efficacement les corps gras mélangés à l'eau d'alimentation.

5° Des purgeurs automatiques renvoient au condenseur l'eau provenant de la condensation de la vapeur de réchauffage, et de celle des chemises.

M. Normand attribue l'économie observée à quatre causes principales :

1° La vaporisation élevée de la chaudière dans les conditions de très faible activité où s'est fait l'essai ;

2° La compression complète de la vapeur dans le petit cylindre;

3° Le réchauffage de l'eau d'alimentation ;

4° La surchauffe de la vapeur résultant de l'étranglement de la valve.

La vaporisation a dû atteindre environ 12 *l* par kilogramme de charbon. La surface de grille avait été, en effet, réduite à moitié et le rapport de la surface de chauffe à celle de la grille atteignait 81,6 *m*.

Grâce aux soupapes de sûreté, la compression a pu être complète sans qu'il en résultât de pression dangereuse dans le cylindre et sans que le mouvement de rotation devînt irrégulier.

Les avantages de la compression ne consistent pas seulement dans l'annulation des volumes morts, mais surtout dans le réchauffage des fonds de cylindre et du piston. A ce point de vue, elle est préférable aux chemises puisqu'elle réchauffe les surfaces mêmes exposées au contact de la vapeur.

Le réchauffage de l'alimentation au moyen d'une fraction de la vapeur totale qui a produit déjà là plus grande partie de son travail est extrêmement avantageux. C'est à MM. Weir que paraît devoir être attribuée cette idée ingénieuse, mais ils effectuent le réchauffage par mélange, ce qui offre de grandes difficultés dans la pratique. L'emploi de surface métallique est très simple, et il résulte d'expériences nombreuses qu'à surface égale la vapeur est environ vingt fois plus efficace que les gaz chauds de la boite à fumée pour produire l'échauffement.

L'étranglement de la vapeur par la valve est le moyen le plus sûr, sinon le plus économique, de produire la surchauffe ou du moins le séchage complet de la vapeur qui est indispensable dès que l'on veut obtenir une détente importante.

Malgré les résultats favorables des machines compound, M. Normand emploie actuellement la triple expansion, afin de diminuer les efforts sur les surfaces frottantes, d'obtenir un couple de rotation plus uniforme et d'avoir une économie plus grande à toute puissance.

En outre, les chaudières du type locomotive sont remplacées par des appareils à circulation d'eau à l'intérieur des tubes. La chaudière du Temple a donné de très bons résultats.

M. Normand pense que plusieurs des dispositions avantageuses précédemment décrites sont applicables aux locomotives et surtout aux locomotives compound.

Celles-ci ne paraissent pas avoir donné tous les résultats qu'elles peuvent fournir. La cause en est probablement dans les conditions généralement mauvaises où fonctionne le petit cylindre, car, pour éviter les inconvénients de la compression excessive dans la marche à grande détente, on a dû parfois donner un recouvrement intérieur négatif au tiroir. Les soupapes trouveraient ici leur application et faciliteraient la marche à contre-vapeur.

Le réchauffage de l'alimentation pourrait se faire, soit par surface, en utilisant l'échappement, soit par mélange à condition d'employer un filtre à éponges.

Enfin le séchage par l'étranglement de la vapeur augmenterait très probablement l'économie. Si le timbre de la chaudière ne peut pas être surélevé, peut-être pourrait-on obtenir l'étranglement à grande puissance en augmentant légèrement les dimensions des cylindres. A faible puissance, il devrait toujours être employé.

En terminant, M. Normand exprime l'opinion que la théorie pure de la machine à vapeur est très en avance sur les faits. Un plus grand développement de cette théorie offrirait peu d'intérêt, jusqu'à ce que des expériences, dont le programme serait facile à dresser, aient permis de déterminer la valeur des nombreuses constantes des formules dont l'usage restera inutile jusque-là.

M. le Président est l'interprète de la Société en exprimant à M. Normand combien elle lui est reconnaissante de la primeur qu'il vient de lui donner des résultats obtenus, à la suite de ses belles et savantes recherches sur cette difficile question des générateurs et machines motrices des torpilleurs. Les résultats annoncés dépassent même de beaucoup tout ce que l'on pouvait espérer sur les systèmes propulseurs

essayés jusqu'à ce jour. Mais comme la discussion de ces résultats ne peut être entreprise utilement qu'après étude approfondie du mémoire que publieront les *Bulletins* de la Société, il croit devoir ajourner l'examen des résultats annoncés.

M. Casalonga voudrait appeler l'attention sur cette consommation de 445 *g* par cheval indiqué et par heure, consommation qui paraît très surprenante, étant donné surtout qu'elle a été déduite d'une marche à faible allure et alors que l'appareil ne fournissait qu'une faible partie de sa puissance. Un tel rendement correspondrait presque à celui qui se déduit de la théorie de la machine à vapeur, établie par Clausius, d'après les principes, posés par lui, de la thermodynamique, et c'est sans doute pour cela qu'il a pu être considéré comme exact. Mais le coefficient de réduction adopté par Clausius et tous ceux qui ont étudié les effets de la vapeur, donne un rendement qui, dans certains cas, est plus élevé de près de cent pour cent que le rendement réel. Il semble permis d'éprouver des doutes sur l'exactitude d'un tel rendement, quelles que soient les précautions que l'on a pu adopter pour le déterminer.

M. Casalonga a noté un autre point de la communication de M. Normand ; c'est celui qui est relatif à la surchauffe de la vapeur par étranglement, ce qui semblerait indiquer que l'on augmenterait ainsi la température de cette vapeur.

M. Normand répond négativement ; la température baisse, mais la vapeur cesse d'être saturée.

M. Casalonga, d'accord avec M. Normand sur ce point, fait remarquer qu'on ne surchauffe pas, à proprement parler, la vapeur en l'étranglant ; et même on ne la sèche guère.

L'étranglement ne produit qu'une évaporation très faible d'une partie de l eau entraînée, évaporation qui se trouve encore diminuée par la condensation résultant de la détente. On peut augmenter l'effet utile de la vapeur détendue en la faisant revenir dans un réchauffeur placé dans la chaudière, ainsi que l'a fait M. Polonceau à la Compagnie d'Orléans. Mais il est préférable de chercher à obtenir de la vapeur sèche et de l'employer à sa pression initiale, en évitant une chute de pression qui est toujours une perte notable.

Les nécessités d'une production rapide de vapeur peuvent seules conduire, faute de mieux, à étrangler la vapeur parce qu'elle entraîne alors une grande quantité d'eau qui tombe comme une averse sur les parois qu'elle refroidit, en se vaporisant au moment de l'échappement, et que la compression ne peut réchauffer assez ; en étranglant alors cette vapeur, on ne diminue pas sensiblement la quantité d'eau entraînée ; seulement celle-ci se répartit dans le nouveau volume détendu et reste en suspension dans la vapeur en influençant moins défavorablement les parois.

M. Casalonga ajoute quelques mots au sujet des règles de la thermodynamique appliquées à la machine à vapeur. Il doute que ces règles aient jamais pu être exactement appliquées, car ce sont précisément celles que, en développant le principe de Carnot, Clausius a imposées depuis plus de quarante ans, et M. Casalonga vient de faire remarquer qu'elles accordent aux machines à vapeur actuelles un rendement qu'il leur est impossible d'atteindre directement ; il a essayé de le démontrer,

voulant justifier ces paroles, prononcées au Congrès de mécanique appliquée, que la « machine à vapeur avait fait son temps et que dans vingt ans on ne la construirait plus ».

M. Casalonga se rend très bien compte de l'étonnement que peut causer une semblable prédiction ; il ne désespère cependant pas de faire la preuve de son assertion, et en insistant sur un sujet d'une aussi haute importance, il croit rendre un réel service.

Quant à la triple expansion à laquelle M. Normand dit qu'il a maintenant donné la préférence, elle est certainement de nature à augmenter le rendement de la vapeur, non seulement parce que le mouvement de rotation est plus régulier, mais pour d'autres causes parmi lesquelles il faut surtout tenir compte de l'influence de la double enveloppe et du réservoir intermédiaire.

M. le Président, tout en rendant justice à la réputation professionnelle et à l'esprit de recherche et d'analyse très justement estimés de M. Casalonga, croit de son devoir de protester contre les théories émises et les critiques adressées par ce collègue aux savants et Ingénieurs que nous considérons, à très juste titre, comme les maîtres de la science et les auteurs incontestés des grands et beaux progrès accomplis dans l'industrie des moteurs à vapeur depuis un demi-siècle.

M. Thareau demande si le tirage forcé employé dans les machines de torpilleurs n'a pas pour conséquence une diminution de durée des chaudières et n'est pas une cause des accidents qui ont été signalés dans ces derniers temps.

M. Normand répond affirmativement, et il ajoute que, quoi qu'on fasse, les eaux employées dans les torpilleurs sont malheureusement toujours grasses.

Sur une question de M. Périssé, il dit qu'aux essais, les machines faisaient de 130 à 140 tours à petite vitesse et de 300 à 350 à grande vitesse, et que les résultats indiqués ont été contrôlés avec le plus grand soin.

M. le Président remercie les orateurs qui ont pris part à cette discussion dont l'intérêt réel ne pourra utilement ressortir que des nouvelles observations qui seront échangées lorsque le mémoire de notre collègue, M. Normand, aura été publié et distribué. Il contient des résultats d'essais certifiés par des commissions de la Marine, connues par les soins particuliers qu'elles apportent dans l'organisation et la réalisation de leurs expériences. Ces résultats méritent un examen attentif et une étude toute spéciale. Elle sera des plus intéressantes et surtout des plus instructives.

L'ordre du jour appelle la *Discussion de la Communication de MM. H. Couriot et G. Salomon sur l'Enseignement professionnel.*

MM. Ch. Lucas et E. Coignet qui devaient prendre la parole, n'ayant pu assister à la séance, la discussion, sur la demande de MM. H. Couriot et G. Salomon, est déclarée close.

La séance est levée à onze heures.

Séance du 19 décembre 1890.

Présidence de M. V. Contamin

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

M. le Président donne la parole à M. H. Couriot, trésorier, pour faire, conformément à l'article 16 des statuts, l'exposé de la situation financière de la Société (1).

SITUATION FINANCIÈRE AU 30 NOVEMBRE 1890

Nombre des Sociétaires.

Le nombre des Sociétaires était, au 1er décembre 1889, de . .	2 274
Du 1er décembre 1889 au 30 novembre 1890, le nombre des admissions a été de 105 (dont 8 membres honoraires)	105
formant un total de	2 379
dont il faut déduire, par suite de décès, démissions et radiations	85
Le total des Membres de la Société, au 30 novembre 1890, est ainsi de.	2 294

Situation de la caisse au 30 novembre 1890.

Le tableau des recettes et dépenses, annexé au compte rendu financier, peut se résumer de la manière suivante :

Le solde en caisse, au 1er décembre 1889, était de. . Fr. 21 930,60

Les recettes effectuées du 1er décembre 1889 au 30 novembre se répartissent ainsi :

RECETTES

1° Pour le fonds courant :

Cotisations . . . . Fr.	77 585,45		
Droits d'admission	2 750 »		
Intérêts des valeurs de portefeuille	6 533,25		
Vente de Bulletins et Mémoires ; Abonnements et Annonces . .	5 634,30		
Location des salles de séances .	7 095 »		
Don pour le fonds de secours. .	100 »		
Remboursement des permis d'ascension à la Tour	3 275 »		
Recettes diverses	990,20		
A reporter.		103 963,20	21 930,60

(1) Voir page 809 l'état comparatif des exercices 1883 à 1890.

Report . . .		103 963,20	21 930,60
2° Pour le fonds inaliénable :			
Exonérations : MM. Barbier, Berge, Bricogne, Ph. de Goldschmidt, Tisserandot, Villemer, Vlasto	4 200 »		
Dons volontaires : famille Couvreux.	5 000 »		
		9 200 »	
Le total des encaissements s'élève ainsi à . .			113 163,20
et le montant des recettes effectuées au 30 novembre, en y ajoutant l'encaisse au 1er décembre 1889. à			135 093,80

DÉPENSES

1° Par le fonds courant :

Impressions, planches, croquis Fr.	44 251,25	
Affranchissements et divers. . .	7 604,43	
Appointements, travaux supplémentaires et chronique. . . .	20 234,30	
Frais de bureau et sténographie.	2 479,95	
Prêts et secours.	1 250 »	
Prix annuel.	424,80	
Contributions, entretien de l'immeuble, assurances, frais de la cité, chauffage, éclairage. . .	10 766,24	
Solde de divers travaux prévus dans l'exercice précédent. . .	3 107,40	
Classement de la bibliothèque, achat de livres, reliure, menuiserie.	6 300,65	
Pension de Mme Ve Husquin de Rhéville.	3 000 »	
Reliquat des frais de réception des ingénieurs étrangers. . .	595,35	
Remboursements de bons de l'emprunt	4 050 »	
Paiement des coupons échus . .	612 »	
Frais exceptionnels, gratifications, souscriptions	2 894,25	
Frais de recouvrement des cotisations.	897,23	
A reporter . . .		108 467,85

Report. . .	108 467,85	
2° Par le fonds inaliénable :		
Achat pour le fonds inaliénable de 19 obligations du Midi . . . . Fr.	8 557,75	
Total des sommes employées au 30 novembre 1890. . . . . Fr.		117 025,60
Le solde en caisse, à la date du 30 novembre 1890, est donc de . . . . Fr.		18 068,20

Nous vous présentons également le bilan de la Société dressé dans la forme habituelle; il est arrêté à la date du 30 novembre et se résume comme suit; à l'actif sont portés :

L'hôtel de la Société, pour . . . . Fr.	279 602,20
Notre portefeuille, représenté par 465 obligations du Midi, six titres de 235 francs de rente 3 0/0, et 15 obligations de la Compagnie Madrilène du gaz, provenant d'un don fait par un de nos collègues, figurant pour le prix de. .	188 051,79
Les espèces en caisse.	18 068,20
Les travaux faits pour la bibliothèque	6 243,50
Les titres de l'emprunt abandonnés par divers souscripteurs en 1889 et 1890.	17 100 »
Les versements à effectuer par divers souscripteurs de l'emprunt.	900 »
Nos débiteurs (cotisations arriérées au 30 novembre 1890, après réduction de 50 0/0 environ).	4 768 »
L'amortissement des bons de l'emprunt remboursés par la Société	4 050 »
Total. . . . . Fr.	518 783,69

Au passif figurent :

Nos créanciers (pour impressions, planches et reliure) Fr.	9 500 »
Les prix divers (échus ou en cours, s'élevant à)	6 305,34
Le compte (fonds de secours)	302,47
Le montant des dons et exonérations non employés, et qui grossiront d'autant après remploi le fonds inaliénable .	1 272,52
Notre emprunt de	75 000 »
Les coupons restant à payer.	1 987,50
Créditeurs de l'emprunt (excédent de versements à rembourser par suite de réduction de souscription).	1 550 »
Le capital social montant à	422 865,86
Chiffre égal. . . . . . Fr.	518 783,69
L'avoir, à ce jour, s'élevant à . . . . Fr.	422 865,80
alors qu'il était, le 1er décembre 1889, de	398 949,01
a ainsi augmenté, durant l'exercice, de. . . . . . Fr.	23 916,79

L'examen des chiffres ci-dessus permet de constater une augmentation sensible de nos valeurs de portefeuille (16 262,75 *f*), résultant de dons qui ont été faits à la Société, l'un d'une somme de 5 000 *f* versée par la famille Couvreux pour la fondation d'un prix à décerner en mémoire de notre ancien collègue, l'autre montant à 6 750 *f*, somme qui nous a été remise, avec affectation à notre fonds de secours, par un généreux donateur que je regrette de ne pouvoir nommer, respectant en cela sa volonté, mais que vous voudrez associer à la reconnaissance que j'exprime ici, en votre nom à tous, à ces deux bienfaiteurs de la Société.

Les frais de classement de notre bibliothèque, les dépenses que ce travail a entraînées pour l'acquisition de corps de bibliothèque, de fiches servant au classement de nos volumes et meubles pour les renfermer ont continué à être portés, depuis 1888, à notre actif, qui s'est accru de ce chef de 6 243,50 *f*, somme que justifie largement aussi la reliure que nous avons fait faire, depuis deux ans, de 1 800 volumes parmi lesquels figurent 400 recueils, renfermant environ 8 000 brochures. Vous aurez une idée de l'importance du travail auquel il a été procédé, quand vous saurez que le classement de la bibliothèque a nécessité la création de 29 000 fiches, correspondant à une répartition qui a été faite de tous nos ouvrages en trois catégories : 1° par noms d'auteur, 2° par titres de brochures, 3° par généralités. Il nous reste encore 6 000 fiches environ à créer pour les ouvrages en langues étrangères et 2 000 pour les dessins et plans que nous possédons à ce jour. Nous espérons terminer, dans le courant de l'année 1891, cette importante classification, appelée à rendre les plus grands services à ceux de nos collègues qui voudront consulter les nombreux et riches documents professionnels réunis dans notre bibliothèque technologique.

Nous avons également porté à l'actif les bons de notre emprunt, abandonnés au cours de l'année, par divers souscripteurs, dont les noms ont déja figuré dans nos *Bulletins*, mais que votre trésorier tient à reproduire dans son rapport.

Les abandons de bons spontanément consentis par MM. Armengaud J., Armengaud Ch., Battarel, Bévan, Bivier H., Bobin H., Boivin, Boucher, Bouhey, Boutmy G., Brûlé, Brüll, Canet, Carcuac, Carimantrand, Chauveau J., Chauvel, Courtier, Couvreux, Deullin M., Durant L., Fleury J., Fournier V., Furno E., Gottschalk A., Gaune, César Joly, Joret. Jousselin J., de Kislanski, Lalance, Lemoine A., Loustau G., Lucas Ch., Mathieu H., Molinos, Moreaux F., Périssé S., Petiet, Plichon, de Quillacq, Reymond F., Robineau, Saglio F., Schneider H., Simon E., Thibault, Vallot H., et Wurgler, portent à ce jour au chiffre de 17 100 *f* les dons qui ont été faits sous cette forme à la Société depuis l'émission de notre emprunt; cette somme, grossie de celle de 12 74[illegible] que nous remboursons aux souscripteurs, réduit, par suite, de [illegible] l'importance de notre dette qui se trouve ainsi ramenée de [illegible] chiffre primitif, à 45 200 *f* environ. Notre emprunt a donc diminué [illegible] 40 0/0 dans l'espace d'un an et demi; c'est à la générosité [illegible] nombre de nos collègues que nous devons en majeure partie [illegible] fique résultat; aussi leur exprimerai-je ici toute ma sincère [illegible] gratitude.

A cette occasion, je rappellerai qu'un certain nombre de bons à rembourser sont sortis au tirage du 1er juin dernier.

Parmi ces bons, il nous reste encore à rembourser les numéros suivants :

79	311	456	642	763	862	1012	1120	1384
85	313	460	643	766	880	1019	1121	1385
138	316	466	647	769	883	1023	1141	1393
165	352	478	652	770	890	1027	1190	1394
176	355	479	675	774	892	1042	1207	1402
206	358	494	677	780	895	1044	1212	1408
208	381	496	685	781	896	1047	1213	1426
215	387	511	687	797	898	1048	1221	1429
217	390	531	690	798	907	1050	1263	1466
244	395	532	695	799	931	1053	1272	1471
249	418	535	703	836	937	1054	1302	1473
253	421	540	724	848	953	1082	1306	1477
255	422	544	725	851	954	1090	1307	1482
256	423	549	726	854	962	1098	1308	1487
265	436	562	727	855	963	1101	1346	1494
280	438	576	728	857	997	1117	1348	1498
283	441	595	738	859	999	1119	1365	1499
297	444	597	740	861				

Nous en tenons le montant à la disposition de ceux de nos collègues qui en sont possesseurs.

Vous aurez sans doute remarqué que les recouvrements, faits pendant l'exercice, à titre de cotisations, ont été très élevés et supérieurs de près de 13 000 *f* à ceux des années précédentes; cet excédent est dû à la régularité avec laquelle ont été acquittées les cotisations courantes et au paiement d'un grand nombre de cotisations arriérées. L'appel qui avait été adressé a donc été entendu et il ne reste, à ce jour, qu'une somme relativement faible de cotisations à encaisser, figurant à l'actif pour 4 768 *f* seulement, après amortissement de tout ce qui nous a paru d'un recouvrement incertain.

Vous savez que nous sommes en instance pour obtenir la délivrance de deux legs importants : celui qui nous a été fait par Mme Vve Fusco et celui qui a été institué au profit de notre Société par notre ancien collègue, M. A. Meyer. Les lenteurs de la procédure judiciaire, en ce qui touche le premier, et les formalités administratives à remplir, en ce qui concerne le second, ne nous ont pas encore permis de recueillir ces legs dont nous poursuivons toujours le recouvrement; aussi, n'avons-nous pas cru pouvoir les inscrire à l'actif de notre Société.

En résumé, Messieurs, l'exercice qui a pris fin le 30 novembre dernier, se présente dans des conditions favorables, puisqu'il accuse une augmentation de notre avoir qui atteint près de 24 000 *f*; je ne saurais terminer ce compte rendu financier sans reporter une partie des résultats obtenus sur notre agent général, M. de Dax, dont l'activité n'est pas demeurée étrangère à ces résultats et que je suis heureux de remercier ici du concours dévoué qu'il n'a cessé de me donner dans l'accomplissement de la mission que vous avez bien voulu me confier.

COMPTE DES RECETTES ET DÉPENSES

RECETTES

En caisse au 1er décembre 1889 . . . . Fr.			21 930,60
1° Pour le fonds courant			
Cotisations . . . . Fr.	77 585,45		
Droits d'admission	2 750 »		
Intérêts des valeurs en portefeuille	6 533,25		
Ventes de Bulletins et mémoires; abonnements et annonces . . .	5 634,30		
Location des salles de séances . .	7 095 »		
Pour fonds de secours (dons volontaires)	100 »		
Remboursement des permis de la Tour	3 275 »		
Recettes diverses	990,20		
		103 963,20	
2° Pour le fonds inaliénable :			
Exonérations . . . . Fr.	4 200 »		
Dons volontaires, fondation Couvreux	5 000 »		
		200 »	113 163,20
		Fr.	135 093,80

DÉPENSES

1° Par le fonds courant :			
Impressions, planches, croquis, reliure Fr.	44 251,25		
Affranchissements divers	7 604,43		
Appointements, travaux supplémentaires, chronique	20 234,30		
Frais de bureau et sténographie . . .	2 479,95		
Prêts et secours	1 250 »		
Prix divers	424,80		
Contributions, entretien de l'immeuble, frais de la cité, éclairage, chauffage, assurances, etc.	10 766,21		
Solde de travaux prévus dans le dernier exercice	3 107,40		
Réception des Ingénieurs étrangers (solde)	595,35		
Classement de la bibliothèque, livres, reliure, menuiserie, etc.	6 300,65		
Pension de Mme veuve Husquin de Rhéville	3 000 »		
Remboursement des bons de l'emprunt	4 050 »		
Paiement des coupons échus	612 »		
Frais exceptionnels, gratifications, souscriptions, etc	2 894,25		
Frais de recouvrement des cotisations .	897,23		
		108 467,85	
2° Par le fonds inaliénable :			
Achat de 19 obligations du Midi pour le fonds inaliénable		8 557,75	
			117 025,60
Solde en caisse au 30 novembre 1890			18 068,20
		Fr.	135 093,80

BILAN AU 30 NOVEMBRE 1890

ACTIF

Immeuble		
a. Terrains et frais . . . . Fr.	86 223,90	
b. Constructions et frais	150 814,65	
c. Mobilier et frais d'installation	42 563,65	
		279 602,20
Fonds inaliénable :		
a. Fonds social, 100 obligations du Midi. . . .	41 095,15	
b. Legs Nozo 19 » . »	6 000 »	
c. Legs Giffard 131 » »	50 372,05	
d. Don Michel Alcan 5 titres de rente 3 0/0. .	3 730 »	
e. Legs Coignet » »	4 285 »	
f. Don Couvreux, 12 obligations du Midi . . .	4 857,75	
g. Don anonyme	6 750 »	
		117 089,95
Fonds courant :		
204 Obligations du Midi.		70 961,84
Caisse :		
Solde disponible		18 068,20
Bibliothèque:		
Reliures menuiserie.		6 248,50
Divers:		
a. Titres de l'Emprunt abandonnés par divers donateurs :		
à titre définitif.	13 000 »	
en vue de la reconstruction de l'hôtel de la Société.	4 100 »	17 100 »
b. Restant dû sur l'Emprunt par divers souscripteurs		900 »
c. Débiteurs divers.		4 768 »
d. Bons de l'Emprunt remboursés		4 050 »
Fr.		518 783,69

PASSIF

Créditeurs divers :			
Impressions, planches et croquis, divers travaux en cours évalués à . . . . Fr.			9 500 »
Prix divers 1891 et suivants.			
a. Prix Nozo		829,20	
b. Prix Giffard.		5 021,14	
c. Prix Michel Alcan.		192,50	
d Prix Coignet		262,50	
Fonds de secours.			302,47
Valeurs à consolider :			
Somme à porter au Fonds inaliénable, après remploi . .			1 272,52
Emprunt	En remboursement	12 700	
	Abandonnés	17 100	75 000 »
	Restant dû.	45 200	
Créditeurs divers sur Emprunt			1 550 »
Coupons restant à payer			1 987,50
Profits et pertes			
Avoir réel de la Société	Fonds inaliénable	396 692,15	422 865,86
	Fonds courant. .	26 173,71	
Fr.			518 783,69

ÉTAT COMPARATIF DES EXERCICES DE 1883 A 1890

INDICATIONS	24 DÉCEMBRE 1883	19 DÉCEMBRE 1884	18 DÉCEMBRE 1885	17 DÉCEMBRE 1886	16 DÉCEMBRE 1887	10 DÉCEMBRE 1888	30 NOVEMBRE 1889	30 NOVEMBRE 1890
Nombre de Membres...	2 037	2 068	2 081	2 119	2 155	2 198	2 274	2 294
Membres admis pendant l'Exercice..........	132	93	102	99	77	114	142	105
Membres par catégories. honoraires......	»	»	»	»	»	15	19	25
sociétaires......	»	»	»	»	»	1 999	2 065	2 081
associés....... ..	»	»	»	»	»	184	190	188
exemptés.......	10	11	17	12	15	25	21	11
décédés.........	36	34	31	31	27	37	41	38
démissionnaires .	17	11	10	11	14	19	10	27
rayés..........	26	22	48	19	»	29	14	20
exonérés à 600 fr.	11	5	11	11	10	15	7	7
Legs et fondations....	Le Rey 5 000 »	1 legs à recevoir	2 legs à recevoir	Giffard / Sieber 50 887,50	»	1 legs à recevoir	Coignet 4 285 »	Couvreux 5 000 » / Anonyme 6 750 »
Dons volontaires	1 368,25	673 »	1 799,75	2 200 »	424 »	7 016 »	5 575 »	100 »
Encaissem. de l'Exercice	88 675,93	82 585,84	91 935,79	137 669,75	83 050,33	114 168,86	182 235,17	113 163,20
Dépenses de l'Exercice..	66 007,27	80 232,60	79 262,09	104 983,07	83 226,71	118 612,67	166 139,41	117 025,60
Sommes réservées. Prix de la Société.	300 »	300 »	300 »	300 »	300 »	300 »	300 »	421,80
Prix Nozo......	»	»	138 »	276+138 »	829,32	1 105,76	863,18	829,20
Prix Giffard....	»	»	»	2 680 »	4 586 »	2 857,86	3 435,24	5 027,14
Prix Michel Alcan	»	»	»	»	»	250 »	50 »	192,50
Prix Coignet....	»	»	»	»	»	»	»	262,50
Secours (legs Giffard).........	»	»	»	»	485 »	1 120 »	522,04	302,47
Achat d'Oblig. du Midi.	17 429,65	»	10 358,28	50 372,05	9 066,45	17 727,10	9 556,40	8 557,75
Achat d'un titre de 100fr rente 3 %.........	»	»	»	»	»	2 775 »	»	»
Sommes restant en caisse	13 518,31	10 371,55	12 105,25	20 001,43	19 835,05	15 391,24	21 930,60	18 068,20
Avoir de la Société....	366 479,75	368 832,99	385 566,69	425 591,42	434 981,49	451 045,78	398 949,01	422 865,80
Sommes restant à encaisser....	17 217 »	18 064 »	14 824 »	18 773 »	19 828 »	14 403 »	7 881 »	5 668 »
Emprunt............	»	»	»	»	»	»	75 000 »	75 000 »
Amort. d'oblig. sociales.	7 000 »	5 500 »	6 000 »	7 000 »	1 000 »	»	500 »	21 150 »

M. le Président met aux voix l'approbation des comptes qui viennent d'être présentés.

Ces comptes sont approuvés à l'unanimité.

M. le Président demande à l'Assemblée de voter des remerciements à son trésorier M. H. Couriot pour le soin, le très grand zèle et le dévouement qu'il apporte à ses fonctions.

Ces remerciements sont votés par acclamation.

Il est ensuite procédé au vote pour l'élection des membres du Bureau et du Comité pour l'année 1891.

Ces élections ont donné les résultats suivants :

BUREAU

Président : M. E. Polonceau.

Vice-Présidents :

MM. P. Buquet.
P. Jousselin.
J. Charton.
Ch. Herscher.

Secrétaires :

MM. G. Cerbelaud.
E. Bert.
E. Coignet.
E. Gruner.

Trésorier : M. H. Couriot.

COMITÉ

MM. E. Lippmann.
G. Canet.
L. Appert.
E. Bertrand de Fonviolant.
A. Mallet.
H. Vallot.
J. Morandière.
A. Hallopeau.
A. Moreau.
M. de Nansouty.

MM. J. Fleury.
P. Bodin.
H. Forest.
J. Carimantrand.
L. Rey.
P. Regnard.
G. Salomon.
E. Level.
F. Dujardin-Beaumetz.
L. Vigreux.

LA RAMIE

PAR

M. Auguste MOREAU

INGÉNIEUR

MEMBRE DU COMITÉ DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

I

Historique : Orties textiles diverses.

L'utilisation des fibres des orties, dont fait partie la ramie, remonte à la plus haute antiquité. C'est en Chine, au Japon, dans les îles de la Sonde, à Ceylan, Java, dans l'Inde septentrionale, que l'on s'en est servi pour la première fois.

On ignore à quelle époque précise ces orties furent importées en Europe ; mais un fait certain, c'est qu'elles étaient déjà fort employées, dès le xvie siècle, surtout en Hollande comme le constate Lobel, d'Anvers, dans des écrits datant de 1581. Ce sont surtout les Hollandais qui les introduisirent dans nos régions tantôt à l'état brut, tantôt sous forme d'étoffes confectionnées. La mousseline porte encore dans leur pays, le nom de *neteldœck (netel*, ortie ; *dœck*, étoffe), qui démontre que la ramie était préférée au lin pour la fabrication des étoffes très fines.

Ce n'est qu'à la fin du siècle dernier et au commencement de celui-ci que les botanistes démontrèrent l'analogie de ces plantes avec nos orties. C'est la même famille des *Urticées*.

Les urticées sont des plantes herbacées, généralement vivaces, de taille petite plutôt que moyenne. Cependant quelques-unes atteignent de très grandes hauteurs, tel le *Laportea Gigas*.

Ces plantes sont plutôt tropicales, mais quelques-unes s'accommodent de tous les climats, la *Bœhmeria nivea*, ou ortie blanche, par exemple.

Dans toutes ces plantes, les fibres corticales, très fines et très allongées, sont soudées bout à bout, tout en conservant latéralement leur indépendance, circonstances qui les rendent textiles. Aussi, au point de vue industriel, les urticées méritent particulièrement de fixer l'attention. Grâce à l'extrême ténacité de leurs fibres, la plupart des espèces vivaces peuvent être substituées au chanvre ou au lin. Les premières orties dans lesquelles on a reconnu cette propriété sont naturellement les espèces qui appartiennent aux climats tempérés, comme l'*urtica dioïca* dont Olivier de Serres a vu faire, au XVI[e] siècle, de *belles déliées toiles avec l'exquise matière de l'ortie*, et comme l'*urtica cannabina* et le *laportea canadensis* qui furent même soumis à une culture régulière.

La ramie est donc une plante vivace dont la fibre est la même que celle du lin et du chanvre ; mais avec cette différence que cette fibre est de beaucoup supérieure comme solidité, résistance, longueur, finesse ; sa couleur blanche et son aspect nacré la font ressembler en partie à la soie. Il est de toute évidence que lorsqu'on aura vaincu les difficultés inhérentes à son application industrielle, la ramie occupera le premier rang parmi les matières textiles, à l'exception, bien entendu, de la soie à laquelle ses nombreuses et brillantes qualités assigneront toujours la première place. Néanmoins la ramie parvient à l'imiter dans bien des circonstances.

Les Anglais l'appellent china-grass (herbe de Chine); les Chinois, yuen-ma, tzing-ma ou chanvre de la plaine, et chan-ma, loma ou chanvre des montagnes ; riparoy, ramieh, rameh, ramen, à Java ; benthem dans les îles de la Sonde ; kloi et kaloni à Sumatra ; kacomousi au Japon ; rhia et rhea à Assam ; gambé aux Celèbes.

Dans ces dernières années seulement, on constata que les orties textiles appartenaient à deux espèces distinctes : l'*urtica utilis* et l'*urtica nivea*, très voisines au premier aspect, mais en réalité très différentes par la qualité de leurs produits et leur propriétés.

L'*urtica utilis*, qui porte aussi le nom d'*urtica tenacissima*, est la meilleure au point de vue textile. Elle a été décrite pour la première fois par le botaniste hollandais Rumph, en 1690, sous le nom de *ramium majus*, et fut surtout préconisée et répandue par le docteur Roxburg de Calcutta qui, à la suite d'expériences ayant démontré la grande supériorité de ses fibres sur celles de produit similaire de l'Inde et d'Europe, lui donna son nom de *tenacissima*.

La seconde espèce, l'*urtica nivea*, existe depuis longtemps à l'état de curiosité dans les jardins botaniques de l'Europe. Mais

c'est seulement en 1809, que Bartoloni, de Sienne, la signala aux habitants de la Toscane comme plante textile.

A peu près à la même époque, en 1815, le célèbre professeur André Thouin en conseillait également l'introduction dans le midi de la France ; mais son appel ne fut pas entendu, et ce sont les travaux des voyageurs français et des missionnaires en Chine, qui ont de nouveau appelé l'attention sur l'*urtica nivea*, comme plante textile.

M. Gondichaud, en 1837, M. Hébert, en 1838, avaient envoyé au Muséum d'histoire naturelle, sous le nom d'*a-pou*, des graines d'*urtica nivea*, et M. Itier, qui fut attaché à l'ambassade de M. de Lagrenée, avait rapporté à Paris, vers la même époque, des étoffes tissées avec les filaments de cette ortie, qui furent très remarquées. Mais c'est à M. Leclancher, chirurgien à bord de *la Favorite*, sous les ordres du capitaine Page, que l'on doit les premiers rameaux des orties cultivées en Chine, qui soient parvenus en France. Ils avaient été recueillis par lui à 120 *km* de l'embouchure du Yang-tse-Kiang, en descendant du Nankin, et expédiées par ses soins au Muséum d'histoire naturelle qui les reçut dans le courant de l'année 1844.

Le savant botaniste M. Decaisne découvrit dans l'envoi fait au Muséum les deux espèces, la *tenacissima* ou *utilis* et la *nivea*, et il établit bien nettement que la première était une plante tropicale tandis que l'autre croissait sous les climats tempérés. On a beaucoup écrit et discuté depuis sur la ramie. Dès 1845, M. Decaisne publiait une savante note sur cette question ; il faut encore citer les nombreuses études de la Société d'acclimatation de Paris et la propagande active du comte de Malartic en faveur de la culture de cette plante ; l'ouvrage de M Ramon de Sagra comprenant l'étude historique de ce textile depuis son introduction en Europe jusqu'à nos jours.

Les Anglais, avec leur esprit pratique, avaient de bonne heure apprécié le nouveau textile.

Pendant qu'en France on faisait une étude sur ce nouveau végétal, Londres recevait de Calcutta trois balles d'*urtica utilis*. Les résultats furent des plus satisfaisants comme résistance, mais la nécessité d'une machine à décortiquer se fit aussitôt sentir, si bien que la Compagnie des Indes envoya à Calcutta une machine spéciale du système Lée.

Malheureusement le prix élevé du fret à cette époque — il était de 12 livres sterling par tonne de 52 pieds cubes — ne permettait

riences des industriels, celles qui méritent le plus de fixer l'attention sont :

L'*Urtica* (*Bœhmeria*, ou ortie sans dards) *nivea*, qui croit très bien dans les régions tempérées comme le nord de la France. Certains échantillons pris au nord de la grande muraille de Chine où elle croit en abondance ont résisté à Paris à l'hiver exceptionnellement rigoureux de 1879-1880;

L'*Urtica (Bœhmeria) utilis*. Dans ces deux espèces, les fibres sont remarquables par la souplesse, la blancheur, l'aspect soyeux, la ténacité. Les deux méritent d'être cultivées et répandues et peuvent satisfaire à tous les besoins de notre agriculture.

La seconde, dont la qualité comme résistance des fibres est encore notablement supérieure à la première, a reçu encore, avons-nous dit, le nom d'*urtica tenacissima* ou de *ramie*. Elle ne peut croitre que dans les pays chauds; aussi pourrait-on tenter son introduction en Algérie, en Corse, dont les parties voisines de la mer lui conviennent merveilleusement et enfin dans nos départements du Midi si cruellement éprouvés par l'invasion du phylloxera et la découverte de l'alizarine artificielle.

II

Propriétés générales.

Le textile qui nous occupe aujourd'hui porte plus particulièrement dans son pays natal, la Chine, le nom de *Tsin* ou de *Tsing-ma;* à Java on l'appele *Ramieh*.

Il est bon tout d'abord d'expliquer que le mot chinois *ma* ou le nom malais de *Ramieh* ou *Ramie* ne s'applique pas spécialement à la plante qui nous occupe, mais à un ensemble de plantes qui sont botaniquement voisines et produisent des fibres à peu près semblables.

En Europe, l'usage a conservé le nom de ramie exclusivement à l'*Urtica Bœhmeria utilis*, c'est-à-dire à la *Ramium majus* de Rumph ou l'*Urtica tenacissima* de Roxburg.

La filasse que fournit l'ortie blanche est verdâtre et présente une certaine raideur, ce qui la distingue de celle de la ramie qui est blanche et douce au toucher, mais cette rudesse disparait en grande partie par le peignage.

Dès 1851, M. Charles Dupin disait dans son rapport à l'Exposition universelle de Londres :

« La fibre de ramie est plus longue, plus uniforme que toutes les

En outre, la ramie est presque incorruptible dans l'eau, plus élastique que le chanvre et le lin, qu'elle est appelée à remplacer dans un temps très prochain, car leur culture est très épuisante, même pour le sol le plus riche.

L'écorce de ramie présente, comme celle de tout végétal normal, trois zones distinctes : le liber, voisin du cambium et du bois ; le parenchyme, ou enveloppe extérieure, contenant cette matière colorante verte qu'on a appelée la chlorophylle, et l'épiderme.

Mais la zone libérienne, plus épaisse que les deux autres, se subdivise elle-même en deux régions un peu différentes l'une de l'autre : les fibres voisines du cambrium constituent, en effet, un groupe de fibres beaucoup plus fines que les autres et noyées dans une nouvelle couche de parenchyme cellulaire ; les cellules de cette zone contiennent en abondance de petits cristaux de carbonate de chaux.

La culture livre la ramie sous trois formes :

1° Les tiges de ramie vertes ou sèches ;

2° Les écorces de ramie, provenant de la décortication des tiges et qui sont connues sous le nom de lanières ;

3° Le liber de l'écorce débarrassé de l'épiderme, que l'on prépare en Chine ou dans l'Inde, et que l'on appelle le china-grass.

M. Frémy, de l'Institut, a étudié successivement les méthodes que l'on pouvait employer, selon lui, pour retirer des fibres résistantes et soyeuses, soit des tiges de ramie vertes ou sèches, soit des lanières, soit du liber de l'écorce. Il a décrit ces différentes méthodes et montré ensuite le procédé qui lui paraît convenir le mieux à la préparation des fibres de ramie.

Enfin, rappelons que, dans nos climats surtout, où la ramie ne peut vivre que pendant la belle saison, la culture de l'ortie blanche peut être encore assez avantageuse.

Les divers essais de culture de l'*Urtica nivea* qu'on a tentés dans nos jardins botaniques ont pleinement réussi. L'*Urtica nivca* pousse très bien dans nos climats tempérés, elle résiste, comme nous l'avons dit, aux plus grands froids de nos hivers. Mais la partie ligneuse y est beaucoup plus développée que dans la ramie proprement dite. Aussi, les machines à décortiquer avaient-elles complètement échoué devant ce végétal, et les inventeurs de ces machines trouvaient-ils à la ramie seule quelques propriétés.

Remarquons encore, au point de vue de la culture, que la forte proportion de tanin contenue dans la ramie et l'ortie de Chine

éloigne de ces plantes les pucerons et autres insectes, et l'on sait les ravages que font quelquefois ces parasites dans les plantations du chanvre et du lin.

En Chine, cependant, ces plantes auraient, d'après le R. P. Bertrand, un ennemi acharné qui dévore leurs feuilles, dans une chenille rouge, grosse comme le petit doigt, d'un pouce de longueur, et qui est à sa dernière période au mois de juin. Elle file un cocon gros comme le doigt du milieu de la main et qui, à l'extérieur, ressemble à du parchemin, mais dont l'intérieur est de la soie très belle et très solide. Il s'agit probablement d'un ver à soie, analogue à ceux du chêne et de l'ailante, mais qui leur serait préférable, par suite de la facilité que l'on aurait à se procurer les feuilles nécessaires à sa nourriture, car, dans le Midi du moins, la ramie et l'ortie de Chine conservent leurs feuilles toute l'année. La question mérite l'attention de la Société d'acclimatation.

III

Culture.

Comme toutes les plantes de cette famille, la ramie est vivace, c'est-à-dire que ses racines ne périssent pas chaque année, comme celles du chanvre et du lin. Au contraire, elles se développent, s'étendent et deviennent, avec le temps, plus puissantes et plus productives.

Chaque pied donne naissance à un groupe de tiges qui forment buisson, et qui, sous un climat favorable, s'élèvent rapidement à une hauteur de 2 à 4 *m*. Les tiges sont droites à feuilles alternes largement pétiolées et brodées de grosses dents de scie; les feuilles sont cordiformes, d'un beau vert en dessus, d'un vert beaucoup plus clair en dessous. Dans l'ortie de Chine type *Bœhmeria nivea*, ce dessous de feuille est recouvert d'un léger duvet blanc, ce qui est un caractère distinctif des deux espèces. La ramie fleurit en septembre ou octobre ; ses fleurs sont unisexuelles monoïques et se groupent en panicules axillaires.

Chaque année, d'après le *Traité impérial d'agriculture chinoise*, on peut faire au moins trois récoltes.

A l'époque où l'on coupe les tiges, il faut que les petits rejetons qui sortent de la racine aient environ un demi-pouce de haut. Dès que les grandes tiges sont coupées, les rejetons poussent avec plus de vigueur et donnent bientôt une seconde coupe. Vers le commencement du cinquième mois, on fait une première récolte,

une deuxième au milieu du sixième et au commencement du septième, enfin une troisième au milieu du huitième et au commencement du neuvième.

La végétation de la ramie est surtout puissante dans les pays tropicaux : on fait alors de quatre à cinq et quelquefois six récoltes par an, qui s'obtiennent en coupant simplement les tiges à quelques centimètres du sol, chaque fois qu'elles ont atteint une hauteur de 1,25 à 1,50 *m*. De nouvelles tiges repoussent immédiatement plus vigoureuses et plus nombreuses. L'expérience a démontré qu'il convenait de couper les tiges avant la floraison et avant leur complète maturité, pour avoir de la filasse plus fine et plus douce.

La puissance de végétation de ces orties, toutes choses égales, d'ailleurs, est en quelque sorte égale à la quantité de chaleur qu'elles reçoivent. C'est dire qu'on ne peut espérer, dans nos contrées, un rendement égal à celui que l'on obtient dans les pays dont elles sont originaires; et nous devons, à cette occasion, mettre en garde les cultivateurs contre les appréciations exagérées et mensongères dont ces plantes ont été trop souvent l'objet. La culture de ces orties, même avec ces restrictions, n'en demeure pas moins très rémunératrice, et l'on peut dire avec confiance que leur acclimatation serait une acquisition précieuse pour notre agriculture et notre industrie

La ramie demande des terres légères, un peu sablonneuses, fraîches naturellement ou facilement arrosables. Les terres fortes et compactes, dites de jardin, sont celles qui lui conviennent le moins, lors même qu'on peut les irriguer. La végétation y est moins puissante et la partie ligneuse des tiges s'y développe au détriment de la fibre utilisable. Les terrains propices à la luzerne lui sont particulièrement favorables.

Bien que ces orties viennent en sol frais, elles craignent cependant les terrains marécageux, car leurs racines se décomposent et pourrissent lorsqu'elles sont dans une humidité permanente. C'est ce qui explique l'insuccès des cultures de ramie essayées à Java, par le gouvernement hollandais, dans d'anciennes rizières.

Cette réserve faite, la ramie, comme l'ortie de Chine, peut prospérer dans les terrains les plus médiocres, pourvu que le climat soit favorable.

Certains agronomes, comme M. Pépin, sont même d'avis que ces plantes améliorent à la longue le sol dans lequel on les cultive.

Cette culture peut être réussie par différents moyens :

Le *semis* est assez délicat à obtenir : il doit se faire sur couche et sous un abri vitré; il demande de fréquents arrosages avec l'arrosoir à pomme et exige des nettoyages pour expulser les mauvaises herbes. Au bout d'un an, le jeune sujet a formé une racine pivotante et peut être sans difficulté mis en place.

La *bouture* reprend dans les conditions ordinaires si elle est faite avec des sections de tiges arrivées à maturité. On la met en place après reprise complète et formation du système radiculaire.

Le *rhizome* ou plantation directe est la plus simple, celle qui reussit le mieux lorsqu'on a des pieds de ramie adultes à sa disposition.

Au bout de deux ans, un pied de ramie obtenu par semis peut donner 25 éclats de ramie ou rhizomes qui, mis en place, produisent autant de pieds de ramie dont la reprise est facile.

Un pied provenant de la plantation par rhizome donnera, au bout de trois années, de 40 à 45 rhizomes bons à planter. Une vieille souche de ramie peut arriver à donner jusqu'à 100 rhizomes propres à la replantation.

Dans la pratique, il ne faut pas songer à reproduire la ramie par les deux premiers procédés, graines ou boutures : ces moyens très délicats, d'une réussite peu assurée, ne doivent pas sortir du jardin de l'horticulteur ou du botaniste et ne présentent qu'un intérêt purement scientifique.

Le seul moyen simple et pratique en grand, en dehors des graines, qu'on peut employer à la rigueur, est celui qui consiste à planter des fragments de racines ou rhizomes, comme on fait en Chine ou à Java. Et comme les plants de ramie sont encore d'un prix assez élevé, le cultivateur doit chercher à produire ceux qui lui sont nécessaires en achetant seulement quelques pieds et en les multipliant dans le champ qui doit être consacré à cette culture, c'est-à-dire sur le terrain qu'ils doivent occuper définitivement.

Dans le midi de la France, les rhizomes valent 50 *f* le mille, pris chez le paysan, ou 450 *f* les 10 000, plus 4 *f* d'emballage par mille et pour mettre en gare de Vaucluse, soit au total 54 *f* ou 49 *f* le mille, suivant qu'on en prend 1 000 ou 10 000 et même 5 000.

Les orties textiles ont des racines de deux espèces : des racines traçantes s'étendant dans le sol superficiel, et des racines pivotantes s'enfonçant profondément dans la terre et pouvant atteindre une longueur de 80 *cm*. La préparation à faire subir au terrain en résulte immédiatement. Le sol doit être, en effet, bien ameubli et

profondément défoncé. En conséquence, il faut faire, avant l'hiver, un ou deux labours profonds, sur une fumure de 25 à 30 m^3 de fumier à l'hectare, suivant la nature du terrain. Le fumier étant ainsi enterré, on laisse passer l'hiver. Lorsqu'on a défoncé et ameubli convenablement le terrain choisi, on y trace au rayonneur des sillons parallèles, à une distance de 50 *cm* l'un de l'autre; dans ces sillons, on dépose les plants en quinconce, également avec un espacement de 50 *cm*. Ces écartements sont les plus favorables pour avoir un sol ombragé maintenu frais, des tiges assez serrées croissant bien droit et pour amener, par la végétation vigoureuse des orties, l'étouffement des plantes parasites qui viendraient à se produire.

Il faut, autant que possible, être à l'abri des vents froids, auxquels sont très sensibles les jeunes pousses.

Lorsque, après un mois de plantation, les pousses ont atteint 10 à 12 *cm* de hauteur, il faut en pincer l'extrémité en y laissant un ou deux yeux : cette opération fortifie les racines et favorise la sortie de nouvelles tiges. Au bout de la première année, chaque pousse donne de deux à quatre tiges; elle en donne de quatre à dix la seconde année, de huit à seize la troisième, etc., etc. Une fois les tiges pincées, on les laisse pousser et on les coupe vers le mois d'août, époque de leur maturité. On reconnaît en Algérie qu'elles sont mûres lorsqu'elles prennent à leur partie inférieure une couleur d'un beau jaune marron se rapprochant de celle de l'osier. A ce moment, les tiges de ramie ont, en général, dans cette contrée, une hauteur de 1,25 *m* à 1,50 *m*. Pour que ces tiges soient propres aux usages industriels, il faut qu'elles ne soient pas ramifiées, qu'elles soient minces et aussi droites que possible. C'est ce qui arrive la seconde année lorsque, les plantes se rejoignant, les tiges plus serrées sont moins exposées latéralement aux rayons du soleil.

L'année suivante, après la première coupe, on enlève un plant sur deux dans les deux sens, ce qui met les pieds de ramie à l'écartement d'un mètre dans toutes les directions, distance excellente pour la culture définitive. Quant aux plants enlevés, ils servent à faire une nouvelle pépinière analogue à la précédente et toujours installée sur le terrain même d'exploitation, de manière à se transformer par le même procédé en culture définitive.

La ramie exigeant une culture fraîche, il est de toute évidence que pendant les grandes chaleurs il faudra l'arroser suffisamment, si le sol n'est pas assez frais par lui-même. Néanmoins toute irri-

gation devra cesser quinze jours avant la récolte pour permettre aux tiges de perdre leur excès d'eau et de se fortifier. Il faudra donc avoir soin de disposer les plants sur des ados séparés par des rigoles servant à la fois à l'arrosage et à l'écoulement des eaux pluviales en même temps qu'à rendre la circulation facile dans la plantation.

La ramie, comme toutes les plantes à feuilles très développées, puise une grande partie de sa nourriture dans l'atmosphère, contrairement au chanvre et au lin qui demandent d'excellents terrains et les appauvrissent rapidement. Cette ortie exige donc bien moins d'engrais que toute plante analogue ; sa végétation devant toujours être cependant proportionnelle aux aliments qu'on lui fournit, on peut l'additionner d'engrais qui doivent être plutôt des engrais liquides, les seuls actifs avec des plantes à croissance très rapide. On doit les employer au printemps après chaque coupe. Le fumier de ferme ne peut être utilisé qu'en couverture avant l'hiver, de manière que la pluie et la neige, en le désagrégeant pendant toute la mauvaise saison, en fassent bien pénétrer les éléments dans le sol.

L'analyse de la fibre de la ramie démontre qu'elle contient, en assez grande partie, des éléments empruntés au sol et qu'il faut restituer à celui-ci, si l'on veut assurer une production durable et un rendement supérieur en qualité et en quantité. La potasse s'y rencontre dans la proportion en poids d'un tiers environ ; la soude, dans la proportion d'un sixième ; on rencontre ensuite, par ordre d'importance, le phosphore, le chlorure de sodium, le carbone, la chaux, l'alumine avec la silice, la magnésie, le soufre et l'oxyde de fer.

On voit donc qu'un sol potassique ajouté au fumier de ferme bien préparé activera la végétation de la plante et entretiendra dans un état d'équilibre convenable les propriétés nourricières de la terre. On évalue à 500 *f* environ la dépense nécessaire pour la plantation d'un hectare de ramie.

Les travaux annuels sont d'ailleurs des plus simples : la première année, ils se réduisent à quelques sarclages pour enlever les mauvaises herbes autour des jeunes plants. Au bout de peu de temps, la plante a envahi tout l'espace qu'on lui a destiné et les sarclages deviennent impossibles ; les travaux se réduisent alors à donner au printemps un premier trait de charrue entre les lignes pour nettoyer les rigoles d'irrigation, et un second à l'automne pour chausser les pieds pour l'hiver.

La récolte se fait en coupant les tiges à la main à quelques centimètres au-dessus de la racine, avec une serpette très tranchante, afin d'éviter les déchirures qui empêcheraient la plaie de cicatriser.

L'expérience a démontré qu'on doit couper ces tiges avant la floraison, lorsqu'elles commencent à prendre une teinte brune à la partie inférieure. C'est le *Traité impérial d'agriculture chinoise*, qui recommande lui-même cette manière de faire. Dans les essais de culture de ces plantes qui ont été tentés en France, on a jusqu'ici suivi la même règle et il convient de s'y conformer, tant qu'une expérience suffisante n'aura pas démontré qu'il est utile d'agir autrement.

Il est impossible, vu la hauteur et le touffu des tiges d'un champ de ramie, de songer à employer une faucheuse ou moissonneuse mécanique ; on ne peut d'ailleurs même songer à employer la faux ordinaire, car cet instrument coupe aveuglément les plants parvenus à maturité et ceux qui sont encore verts, au grand détriment de la plantation et de la récolte suivante.

Lorsque les tiges doivent être utilisées à l'état vert, comme cela se présente généralement avec les machines à décortiquer aujourd'hui connues, on les réunit par bottes de 150 à 300 et on les transporte rapidement au lieu d'emploi, la décortication devenant en effet plus difficile après vingt-quatre heures d'attente. Ce lieu d'emploi est d'ailleurs dans le champ lui-même, à peu de distance, afin d'éviter des frais de transports inutiles. Cela nous indique déjà que la machine à décortiquer doit se déplacer et suivre la récolte.

Quand les tiges doivent être employées à l'état sec, il faut les faire sécher au soleil aussi rapidement que possible. Cette opération très difficile dans les climats tempérés est toujours coûteuse par suite de la main-d'œuvre qu'elle exige pour retourner les tiges sur le sol jusqu'à ce qu'elles soient bien sèches. Cependant il ne faut rentrer les tiges qu'une fois ce résultat obtenu, et les conserver dans un lieu à l'abri de toute humidité, sans quoi elles se couvrent rapidement de moisissure.

Si l'on veut utiliser les feuilles pour faire du papier ou pour la nourriture des bestiaux qui en sont très friands, il faudra enlever ces feuilles des tiges au moment de leur récolte. Dans le cas contraire, il n'y a pas lieu de s'en préoccuper, car elles ne gênent nullement pour traiter les tiges à l'état vert et elles tombent naturellement des tiges sèches.

Au point de vue du rendement nous avons vu que, dans leurs pays d'origine, les orties textiles donnent aisément quatre à cinq récoltes par an ; il est de toute évidence que dans nos climats il n'en sera pas de même. On pourra néanmoins faire deux récoltes par an, une au milieu de juillet et l'autre vers le 1[er] novembre. Il est indispensable que les deux coupes soient au même point de maturité afin d'obtenir des fibres de qualité constante. En conséquence il sera bon d'activer la croissance et le développement de la plante dans la première période par des engrais chimiques, surtout lorsque le printemps n'aura pas été suffisamment chaud. On s'exposerait sans cela à voir les tiges de ramie non mûres au mois de juillet, et la seconde récolte retardée et compromise.

De nombreux essais de culture faits dans le midi de la France, en Corse et en Algérie prouvent que les orties textiles peuvent parfaitement vivre et prospérer dans ces contrées. M. Goncet de Mas, qui cultive la ramie dans les environs de Padoue, c'est-à-dire dans des conditions climatériques analogues à celles du midi de la France, a fait connaître, dans une brochure publiée en 1877, qu'il a obtenu par hectare en tiges vertes effeuillées :

1[re] année, 9 000 *kg* (une coupe) ; 2[e] année, 32 875 *kg* (deux coupes) ; 3[e] année, 40 450 *kg* (deux coupes).

C'est, en conséquence, un rendement de 20 000 *kg* de tiges vertes par coupe, à partir de la fin de la deuxième année. Ces chiffres représentent, suivant nous, ce que l'on peut obtenir dans le midi de la France, de la culture des orties textiles. Mais, en Algérie, M. Rivière, qui fait autorité en la matière, pense que l'on peut obtenir dans des conditions convenables, à partir de la seconde année, 125 000 *kg* de tiges vertes à l'hectare, ce poids comprenant les feuilles. M. Hardy, ancien directeur du jardin d'essai d'Alger, porte cette quantité à 120 000 *kg*, poids comprenant 40 0/0 de feuilles. M. de Landtsheer réduit enfin ce rendement à 100 000 *kg*.

Adoptant les chiffres les plus défavorables, on voit que l'on obtiendrait à l'hectare chaque année 60 000 *kg* de tiges effeuillées, M. Goncet de Mas ayant obtenu 40 450 *kg* aux environs de Padoue.

Ces tiges donnent au minimum, lorsqu'elles sont mûres, 10 0/0 d'écorces sèches sous forme de lanières fibreuses qui, au prix probable de 40 *f* les 100 *kg*, donneraient un produit en argent de 1 600 *f* par hectare pour le midi de la France et de 2 480 *f* pour l'Algérie. Ajoutons, avec M. Rivière, que c'est de l'argent qui rentre au cultivateur après chaque coupe, c'est-à-dire trois ou quatre fois par an, fait bien rare en agriculture.

Admettons au pire que le prix de vente ne soit que la moitié du précédent, 200 ou 250 *f* la tonne, on voit qu'on aurait encore un rapport annuel de 800 à 1 000 *f* à l'hectare dans le midi de la France. C'est le chiffre que donne comme minimum M. Goncet de Mas.

Ces chiffres ne s'appliquent qu'à la ramie seule ; l'ortie blanche donnerait des produits inférieurs d'environ un tiers en quantité ; on voit néanmoins que celle-ci serait d'une culture encore fort rémunératrice dans les régions où la ramie n'est pas possible.

Mais il faut noter que ce rendement normal n'est obtenu que la troisième année de culture, lorsque le sous-sol de la plantation est bien occupé par les racines donnant de nombreux rejets à l'extérieur.

Quant au prix de revient, il est difficile de l'établir d'une manière absolue. La culture des orties textiles varie naturellement avec la valeur du sol, le prix des engrais, la facilité de l'irrigation, la main-d'œuvre. Mais cette culture ne présente rien de particulier ni de difficile, l'entretien annuel est des plus simples et la récolte excellente ; on voit donc qu'en somme les avantages qu'on doit retirer de cette culture seront toujours certains. Et cela d'autant plus que le prix de vente de la filasse ne peut être inférieur à celui de la filasse du lin dans les même conditions de préparation et de qualité. Actuellement, à Londres, la valeur de cette filasse importée de l'Inde et de la Chine est de 1,10 *f* à 1,25 *f* le kilogramme.

Nous donnerons cependant, à titre de document pouvant servir de base, l'estimation suivante faite par M. Ussit de Einar :

Première année.

Quand il s'agit, dit-il, d'installer dans un champ une plante vivace devant y faire attendre un ou deux ans un produit très rémunérateur qui dispense le cultivateur de toute semence annuelle, de tous labours renouvelés, de toute fumure importée et même de tout sarclage, etc., etc., il est légitime de ne pas considérer comme constants la plus grande partie des frais de la première année et qui ne doivent se reproduire que dans une proportion très abaissée dans les années qui suivront. Il faut agir comme celui qui crée une prairie naturelle ou qui plante une vigne ; il serait rationnel de porter la dépense de début à un compte de premier établissement devant s'amortir successivement

très développée au détriment de la partie ligneuse. Chaque pied peut fournir jusqu'à 60 tiges. Si nous admettons le chiffre de 50 dans une plantation à 1 *m*, nous avons 10 000 pieds qui nous donnent à chaque coupe 500 000 tiges. Chaque tige verte effeuillée pèse 125 *gr* en moyenne; nous obtenons 62 500 *kg* de tiges vertes qui, sèches, ne pèsent plus que 12 500 *kg* et, finalement, donnent 2 000 à 2 500 *kg* de lanières. Nos deux coupes moyennes produiront donc au minimum 4 000 à 5 000 *kg* de lanières. Si nous les vendons 200 *f* la tonne, prix minimum vu précédemment, notre hectare nous produit 800 à 1 000 *f* de récolte, les travaux de culture et toutes nos dépenses ne dépassant jamais 350 *f* par hectare à partir de la troisième année, ces chiffres étant des minima; nous pouvons donc compter, comme résultat moyen, sur un bénéfice d'environ 500 à 1 000 *f* par hectare. Si ce résultat est obtenu, comme nous le pensons, les deux coupes auront donné un rendement double de celui qu'aurait procuré un champ mis en lin ou en chanvre.

On voit aisément où cela peut conduire en faisant plus de deux coupes par an.

Aux colonies, en particulier, les anciennes industries du sucre, du café et de l'indigo périclitent considérablement depuis quelques années. L'agriculture coloniale pourrait retrouver dans la culture de la ramie une partie des ressources qu'elle a perdues. Nous nous permettons d'appeler l'attention des pouvoirs compétents sur cette intéressante question.

Ce qu'on peut dire avec certitude, c'est que la culture des orties textiles ne présente pas de difficultés sérieuses, qu'elle n'exige pas de dépenses excessives et que, la plantation une fois faite, les travaux annuels ne sont pas considérables. Si l'on ajoute que ces plantes peuvent trouver place dans la grande comme dans la petite culture, qu'elles n'épuisent pas le sol qui les porte, qu'elles éloignent les insectes nuisibles par la grande quantité de tanin qu'elles contiennent, enfin que chaque coupe donne un rendement supérieur à la meilleure récolte de chanvre ou de lin, on peut conclure avec confiance que si ces plantes prennent dans nos cultures la place qui leur est due, ce sera une des plus belles conquêtes de l'Agriculture.

Nous remarquerons en même temps, et nous y reviendrons plus loin, que cette forte proportion de matière inutilisable, 95 0/0 environ, exige que la décortication soit faite sur place, dans le champ même où se fait la récolte.

L'étude qui précède aura sans doute démontré aux cultivateurs que la ramie étant une plante vivace d'une durée indéterminée, affranchissant des semences annuelles, de fumures coûteuses, de travaux multipliés, constitue un élément de richesse jusqu'ici inconnue, car même dans les conditions les plus défavorables, elle procure à l'hectare un minimum de rendement de 500 francs, qui peut s'élever à beaucoup plus.

IV

Décortication par les machines.

Nous touchons ici au chapitre le plus important et le plus délicat de l'étude de la ramie.

Il ne suffit pas en effet de cultiver la plante avec succès ; il faut encore en détacher économiquement les fibres utilisables. Comme nous l'avons déjà dit, de nombreux essais ont été tentés dans le but d'utiliser la ramie. Mais le plus souvent, de nombreux mécomptes ont accompagné les tentatives les plus intelligentes, les entreprises les mieux conduites et cela toujours pour la même cause : la difficulté dans nos pays d'opérer à bon marché la décortication de ce textile.

Les moyens primitifs employés par les Chinois et les Malais qui font ce travail à la main est impraticable dans nos contrées à cause du prix beaucoup trop élevé de la main-d'œuvre. On a bien songé à appliquer le rouissage comme pour le chanvre et le lin ; mais cette opération, qui n'est pas sans inconvénient pour ces textiles, est absolument inapplicable à la ramie dont les tiges, de grosseur très irrégulière, ne sont jamais arrivées au même degré de maturité et dont les fibres sont comme noyées au milieu d'une masse considérable de matière agglutinative. Il en résulte que certaines tiges ne sont pas assez rouies, tandis que d'autres le sont beaucoup trop, et l'on rencontre sur la même tige des points où la fibre est encore adhérente au bois sous-jacent, tandis que sur d'autres elle commence à entrer en putréfaction.

Tous les essais tentés pour appliquer le rouissage à la ramie ont donné le même résultat négatif, qu'on ait appliqué les procédés les plus rudimentaires ou les plus perfectionnés. L'opération se fait toujours d'une manière irrégulière, imcomplète sur certains points, dépassant le but sur d'autres où la fibre altérée perd toute sa résistance, se rompt sous le moindre effort et ne peut donner que des déchets sans valeur.

En résumé, l'insuccès provient en grande partie de ce que l'on a voulu appliquer à la ramie les procédés de décortication employés pour le chanvre et le lin, alors que ces procédés n'étaient pas applicables. On aurait cependant dû tenir compte dans une large mesure de l'expérience des Malais et des Chinois qui cultivent de temps immémorial ces orties et qui, sans exception, les utilisent à l'état vert sans jamais les soumettre ni au rouissage ni au teillage, bien qu'ils connaissent ces opérations et les appliquent à d'autres textiles.

Le concours de Saharampour organisé par les Anglais aux Indes exigeait bien que les tiges fussent traitées à l'état vert, mais il présentait l'inconvénient de réunir deux opérations qu'il aurait été plus simple de chercher à faire séparément, savoir: 1° séparer la substance ligneuse intérieure de son enveloppe corticale; 2° débarrasser les fibres des matières gommo-résineuses qui les enveloppent et de la pellicule brune ou épiderme qui recouvre le tout extérieurement.

L'obligation de remplir toutes les conditions de ce programme conduit nécessairement à construire des machines compliquées exigeant un personnel exercé et l'installation d'une usine. Mais le traitement de la ramie à l'état vert a rencontré dès le principe une difficulté qui rend impossible l'établissement d'usines permanentes. C'est la nécessité de traiter les tiges dans les vingt-quatre heures qui suivent leur coupe, sans quoi il s'établit une très forte adhérence entre le bois et l'écorce et le rendement en filasse est très sensiblement réduit.

En outre, si l'on considère qu'il faut au minimum 20 *t* de tiges vertes pour produire 1 *t* de lanières et que cette masse de matière végétale représente à peine la récolte de la moitié d'un hectare, on peut se rendre compte de l'importance que devrait avoir une usine destinée au traitement des tiges produites, même dans un rayon restreint, et le sort qui lui serait réservé pendant l'intervalle des récoltes.

Ainsi l'établissement d'usines permanentes n'est pas possible; l'emploi de machines se transportant d'exploitation en exploitation ne l'est pas davantage, car toutes les tiges d'une région arrivent à maturité en même temps et l'on ne peut retarder le moment de leur coupe sans compromettre la récolte suivante.

Pour éviter le transport dispendieux d'une quantité de matière inutile aussi considérable que celle qui accompagne une récolte de ramie, il convient de faire la décortication proprement dite,

mais encore un encouragement de 11 000 *f*, et fut l'objet d'un rapport assez favorable de M. Harmand, consul de France à Calcutta.

Dans ces dernières années, on s'occupa beaucoup en France de la question de la ramie, et la commission permanente, instituée au ministère de l'Agriculture, organisa, en 1888, un nouveau concours de machines à décortiquer, sur la demande de M. Sarlat, député de la Guadeloupe.

Une trentaine de candidats étaient inscrits; il n'y en eut que sept qui se présentèrent et trois seulement qui consentirent à subir les épreuves au dernier moment.

Là encore, il n'y eut aucun prix de décerné, et les trois machines présentées ont été trouvées insuffisantes. On leur donna simplement des encouragements, les classant comme suit :

Machine	Landtsheere	600 *f*
—	Barbier Amand	400 *f*
—	Compagnie Américaine. . . .	400 *f*

Il ne peut entrer dans le cadre de cette étude de faire la description des diverses machines essayées pour la décortication de la ramie, d'autant plus que ces descriptions ont été faites dans nombre de journaux techniques et publications spéciales. Contentons-nous de dire qu'elles se composent toutes, en principe, de cylindres broyeurs, cannelés en totalité ou en partie, à cannelures droites ou héliçoïdales, animés d'un mouvement circulaire simple ou accompagné de mouvements latéraux, de recul, etc. Ils ont pour but de broyer le bois de la tige. Puis, un système de battage quelconque sépare ensuite le bois brisé de l'écorce utilisable.

Mais toutes ces màchines, même les meilleures, ont été jugées insuffisantes. Elles sont, ou trop compliquées, ou trop coûteuses, souvent trop savantes et demandant un personnel spécial toujours exigent et difficile à conserver aux colonies; elles sont lourdes et suivent difficilement la récolte; si on les installe dans une usine, ce sont les tiges qu'il faut y transporter, et ce sont d'énormes frais en pure perte; il leur faut de la force motrice; leur rendement très variable est généralement mauvais; elles fatiguent les fibres, rompent leur parallélisme, occasionnent par suite des déchets au peignage, etc.

Tout cela n'est évidemment pas l'avis des innombrables inventeurs de machines ou des industriels intéressés dans une Société financière quelconque exploitant la ramie, mais c'est l'opinion

les rendre tout à fait aptes à subir les traitements ultérieurs qui doivent les transformer en filasse.

» La nécessité de cette double opération ne nous paraît pas devoir modifier l'eppréciation que nous avons formulée précédemment sur cette nouvelle machine.

» Nous rappellerons qu'au concours de 1888, la machine de M. de Landsheere qui, cependant, était classée la première, ne décortiquait que 100 *kg* de tiges fraîches à l'heure. Vous pouvez, par la comparaison des chiffres, apprécier les progrès que l'inventeur a réalisés dans la machine de cette année.

» Nous ajouterons que cette machine, d'une construction simple et solide, paraît tout à fait appropriée au genre de travail qu'elle doit fournir.

» La machine Armand-Barbier (inventeur M. de Landtsheere) satisfait également à cette dernière condition. Mais elle a une puissance de production beaucoup moindre, et, d'autre part, son rendement en lanières est bien inférieur.

» Nous avons constaté qu'une assez grande quantité de fibres tombaient avec le bois, peut-être par suite d'un défaut de maturité de la ramie.

» La machine Favier, à cause de sa grande complication du faible diamètre des cylindres qui la composent et de la petitesse des cannelures dont ces cylindres sont armés, ne nous paraît pas construite en vue du genre de travail qu'on lui demande.

La machine Michotte, qui avait été remontée le matin même des expériences, et qui, sans doute, n'était pas réglée, n'a donné que des résultats imparfaits.

« En résumé, notre conclusion est que la nouvelle machine de M. de Landtsheere est celle qui peut être conseillée aux cultivateurs de ramie comme satisfaisant le mieux aux conditions que doit remplir une machine décortiqueuse. »

Pour compléter ces renseignements, nous donnerons le prix de ces machines :

Machine Landtsheere (ancienne)	1 200 *f.*
Machine Landtsheere (nouvelle)	1 800
Machine Barbier, Armand	1 500
Machine Michotte	2 500

Machine Favier (ne se vend qu'avec licences de brevet).
Machine Leclère et Damuzeau (inconnu).

moins 600 *f*, puisque, pour la nourriture des bestiaux, elles équivalent au meilleur foin.

Il est donc à redouter qu'on ne se soit engagé dans une voie stérile en voulant perfectionner les décortiqueuses, même en vert; et que l'on ne s'expose qu'à prolonger l'ère des déceptions en insistant dans cette voie. Toutes les tentatives tendant à trouver une machine capable de séparer rapidement, économiquement la partie fibreuse de la partie ligneuse sans en rien perdre et sans en altérer la qualité, sont, en somme, restées sans succès. On se trouve en face des obstacles qui ont empêché pendant plusieurs siècles le coton de jouer un rôle sérieux dans le commerce des textiles.

En inventant son moulin à égrener le coton, l'Américain Witney est parvenu au bout de cinquante ans à jeter sur le marché du monde un produit qui fait payer annuellement aux États-Unis un tribut de 4 milliards dans lequel la France concourt pour près de 300 millions.

V

Procédés de décortication.

Ces considérations ont conduit plusieurs inventeurs à l'idée d'appliquer des procédés de décortication autres que les machines.

Le procédé chimique a été découvert par M. Frémy et exposé tout au long dans son ouvrage, *la Ramie*. M. Frémy a fait de très remarquables recherches sur les végétaux, qu'il est arrivé à analyser avec la précision qu'on obtiendrait en traitant, par exemple, un minerai. Ses travaux spéciaux sur la ramie ont été faits à la demande d'un de nos plus éminents collègues, le regretté M. Barbe, ancien ministre, qui a toujours montré une très grande sollicitude pour toutes les questions intéressant l'agriculture.

M. Frémy s'est adjoint dans ces recherches un de nos autres collègues, chimiste très distingué et professeur au Muséum, M. Urbain.

Seulement, un procédé chimique, quel qu'il soit, est impossible à appliquer pratiquement au traitement des tiges vertes de ramie sur le champ même d'exploitation, comme nous savons qu'il est indispensable de le faire. Il serait encore plus difficile de transporter d'immenses cuves pleines de drogues, que des machines à décortiquer, et, si grandes qu'elles fussent, ces cuves ne seraient jamais suffisantes ni en assez grand nombre pour traiter

L'enveloppe corticale est obtenue *intégralement* sous forme de longs rubans dont les fibres ont le parallélisme conservé et sont complètement exemptes de produits ligneux. Ou bien on peut faire cette dernière partie de l'opération mécaniquement, ce qui est très facile, du moment que l'écorce n'adhère plus au ligneux inférieur.

Toutes les machines traitant la ramie à l'état vert ont, en effet, plus particulièrement échoué, parce qu'elles cherchaient à imiter le travail des machines travaillant à l'état sec, c'est-à-dire en brisant la chènevotte et en l'éliminant à l'état de fragments plus ou moins considérables. Malheureusement, à l'état vert, cette chènevotte est beaucoup plus résistante qu'à l'état sec, et on ne peut la rompre sans briser en même temps une partie des fibres textiles qui l'enveloppent. Ce sont précisément les filaments qui avoisinent la chènevotte qui sont les plus beaux et les plus fins et qui sont brisés avec elle et éliminés avec ses débris : de là un déchet considérable qui, comme nous l'avons dit précédemment, atteint aisément 50 0/0 dans la production de la filasse.

Le procédé Favier s'applique, d'ailleurs, aussi bien à l'ortie blanche qu'à la ramie ; on voit, en effet, aisément ici, que la grosseur et la résistance des tiges n'ont aucune importance. Et, comme nous le disions plus haut, l'action de la vapeur, qui est la plus commode, n'est nullement indispensable : c'est la chaleur qui agit efficacement dans l'opération en transformant de toute la partie gommeuse de l'écorce, transformation qui amène la rupture d'adhérence entre celle-ci et la chènevotte. On peut donc, nous le répétons, employer l'air chaud si l'eau est difficile à se procurer.

Les fibres ainsi séparées à l'état de rubans ne sont ni altérées ni décolorées comme cela arrive toujours avec le rouissage ; seulement, elles contiennent encore la totalité de la matière gommeuse et de l'enveloppe brune extérieure, toutes substances qui seront enlevées par une opération spéciale ultérieure ; elles ressembleront alors rigoureusement aux fibres qui nous arrivent des Indes ou de la Chine, et l'on peut les soumettre à l'action des peignes.

Lorsque l'exploitation est favorablement située et que la main-d'œuvre est tout à fait bon marché, on peut séparer les uns des autres, à la main, les différents éléments de l'écorce elle-même. L'élévation de température détruit, en effet, non seulement l'adhérence du bois au liber, mais celle des différentes couches com-

Il faut cependant remarquer que, quand on décortique à la vapeur surchauffée, on peut enlever entièrement toute la lanière, toutes les fibres. Il n'y a absolument aucun déchet, c'est-à-dire il ne reste rien sur la chènevotte. Bien mieux, l'action de la vapeur surchauffée semble avoir pour effet d'attirer sur la lanière et d'y concentrer toutes les matières gommeuses qui, en temps ordinaire, peuvent se trouver et rester sur ou dans la chènevotte.

Enfin, les lanières produites par ce procédé portent toute leur pellicule brune externe. Il est donc évident que, comme poids de lanière, on obtient par ce procédé le maximum possible. Quand on opère par la méthode indigène, il y a quantité de fibres qui restent adhérentes à la chènevotte; elles sont perdues et constituent ainsi un premier déchet important. Quand cet indigène racle ensuite cette lanière pour lui enlever la pellicule brune, le couteau qui sert à faire cette opération entraîne aussi une certaine proportion de fibres, constituant par suite un autre déchet, sans compter celui provenant de la disparition de la pellicule. Quand ce raclage s'opère, le couteau entraîne aussi une assez grande quantité de matière gommeuse. Enfin, une bonne partie de ces gommes, dans ce dernier genre de décortication, reste sur ou dans la chènevotte. Il est donc facile de voir que la lanière ainsi obtenue devra avoir un poids sensiblement inférieur à celui de la lanière obtenue par le procédé humide.

On conçoit donc que ce principe ait tenté d'autres inventeurs, tels que M. Crozat de Fleury.

L'appareil présenté par M. Crozat de Fleury au concours de 1889 consiste en une caisse en tôle de 1,50 *m* sur 0,70 *m* et 1,50 *m* de hauteur.

A la partie inférieure est un fourneau chauffé au charbon, au bois ou au moyen de chènevottes. La partie supérieure consiste en un récipient qui s'emboîte exactement dans le corps de l'appareil et présente une sorte de panier à claire-voie destiné à recevoir les tiges. Ce récipient est rempli d'eau qu'on porte à l'ébullition, puis on y plonge le panier en question, garni de tiges vertes ou sèches. Au bout de vingt-cinq à trente minutes l'écorce n'est plus adhérente au bois et on peut la retirer à la main avec la plus grande facilité.

L'appareil de M. Crozat coûte environ 100 *f*; il est léger et pratique; un seul ouvrier, un apprenti, peut produire, à l'heure affirme-t-il, 20 *kg* de lainières sèches, complètement débarrassées

donc être réservé au dégommage. C'est cette opération qui fera l'objet du chapitre suivant.

VI

Dégommage.

Nous avons dit précédemment que le liber utilisable est recouvert d'une matière inutile, l'épiderme auquel il adhère par l'intermédiaire d'une couche cellulaire et parenchymeuse; puis il est encore imprégné dans sa masse et sur sa face interne de substances gommeuses. Quelquefois les matières agglutinatives sont bonnes à conserver; en augmentant le poids et la résistance de la partie fibreuse, elles produisent des fibres convenant à certaines applications de la ramie; en un mot, le dégommage complet des fibres de ramie n'est pas toujours utile dans les industries où l'on recherche particulièrement une substance fibreuse, tenace et résistante, comme celle qui est nécessaire à la fabrication des cordages.

Mais, en général, pour les usages les plus répandus, il est essentiel de débarrasser les fibres des substances étrangères l'épiderme d'un côté, les gommes de l'autre.

Les Chinois préparent le china-grass, comme il a été dit précédemment, en enlevant par des procédés mécaniques l'épiderme qui se trouve à la surface des tiges de ramie, et en détachant ensuite, à la main la membrane libérienne, qu'ils raclent et dégomment avec un couteau, de la partie ligneuse. Le china-grass chinois a été employé dans un grand nombre d'usines françaises et étrangères, mais sa qualité n'est pas constante et son prix trop élevé ne permet pas de lutter avec le coton et les autres textiles,

On comprend qu'un dégommage plus perfectionné s'imposait.

Les tiges de ramie étant une fois coupées, le mieux serait d'éliminer immédiatement l'épiderme et de séparer ensuite le liber qui recouvre le bois ; on éviterait ainsi toute altération des fibres et leur dégommage deviendrait alors d'une grande simplicité.

Lorsque les tiges sont fraiches, on peut souvent, par un frottement entre les doigts, détacher l'épiderme, comme cela se pratique en Chine; mais cette opération devient impossible lorsque les tiges sont sèches : le ciment à base de pectose et de cutose, qui relie l'épiderme au liber, empêche la séparation des deux membranes. Après avoir essayé un grand nombre de méthodes, M. Frémy a trouvé que pour enlever l'épiderme, le mieux

Les procédés de MM. Frémy et Urbain permettent de dégommer et de blanchir les fibres d'orties textiles de façon à obtenir, dans des conditions absolument économiques, toutes les matières premières qu'utilisent les industries textiles.

Depuis plusieurs années, M. Frémy se livrait à des recherches sur l'analyse des végétaux et arriva à des résultats remarquables.

Il exécute aujourd'hui avec précision l'analyse qualitative et quantitative de tous les tissus ligneux. Il analyse une écorce comme il analyserait un minerai de fer ou de cuivre : il isole, purifie et même dose tous les éléments qui composent le squelette des végétaux. Arrivé à ce point, il a pensé qu'il lui serait possible d'aborder utilement les questions qui concernent la purification des fibres végétales. Connaissant les propriétés des corps qui soudent entre elles les fibres corticales, il lui était facile de déterminer la méthode à employer pour obtenir ces fibres à l'état de pureté. Les résultats scientifiques qu'il a constatés dans ces recherches sont consignés soit dans les Comptes rendus de l'Académie des sciences, soit dans l'*Encyclopédie chimique*, qu'il publie depuis quelques années.

M. Frémy s'est beaucoup occupé ensuite du traitement des fibres végétales et des moyens de les débarrasser des ciments qui les lient entre elles. Il a reconnu que les principales fibres, telles que celles de la ramie, du lin et du chanvre, avaient exactement la même composition et les mêmes propriétés, lorsqu'elles étaient soumises à une purification complète.

Il résulte de ces recherches, que les principaux éléments du squelette des végétaux sont d'abord les corps cellulosiques, tels que la cellulose et ses variétés, la fibrose, etc., qui représentent les cellules et les fibres.

A côté des substances cellulosiques se trouvent une série de corps qui jouent un grand rôle dans la préparation des fibres textiles, car ce sont eux qui soudent et relient entre elles les fibres et les cellules; ces ciments végétaux sont constitués par la vasculose, la cutose, la pectose et des dérivés.

Enfin les végétaux contiennent encore de la chlorophylle, différentes matières minérales, des corps albumineux.

Dans la préparation des fibres de lin, de chanvre, de ramie, lorsqu'on veut obtenir un produit brillant et soyeux, il faut donc faire usage de réactifs, tels que les alcalis sous pression, les

dents on peut donc retirer des différentes plantes textiles les fibres absolument pures, en opérant un dégommage incomplet; on peut aussi produire des fibres moins soyeuses que les premières, mais très résistantes et qui conviennent déjà à certaines applications.

Dans la purification des fibres corticales, la chlorophylle peut être facilement éliminée par une dissolution bouillante d'oléate de soude très alcalin.

Les considérations scientifiques précédentes pourront donc être d'une grande utilité au fabricant. Le traitement industriel d'une plante textile devra toujours être précédé d'une analyse basée sur les principes posés plus haut. L'énergie du dissolvant alcalin devra être proportionnée à la nature et à la quantité du ciment qu'il faut éliminer. C'est ainsi que, suivant les circonstances, l'activité du dissolvant sera modifiée utilement soit par la chaleur ou la pression, soit par la saturation plus ou moins complète de l'alcali. En un mot, la chimie doit intervenir, avec sagacité, dans presque toutes les opérations qui se rapprochent du traitement des fibres végétales : il faut enlever les ciments sans désorganiser la fibre.

En résumé, la méthode de M. Frémy est condensée tout entière dans les principes suivants :

1° Pour retirer de l'écorce de ramie les fibres qui s'y trouvent, il faut d'abord éliminer l'épiderme et soumettre ensuite le liber à des agents chimiques, qui mettent ses fibres élémentaires en liberté ;

2° Pour éliminer l'épiderme, on peut agir soit sur les tiges, soit sur les lanières, en désorganisant l'épiderme par l'action des carbonates alcalins ou en le dissolvant dans la soude caustique sous pression ;

3° L'écorce de ramie une fois débarrassée de son épiderme représente le liber qui est ensuite soumis au dégommage pour donner les fibres élémentaires ; cette opération du dégommage a pour effet de dissoudre la pectose, la cutose et la vasculose qui forment une sorte de ciment et relient les fibres entre elles ;

4° Les agents chimiques qui servent à dissoudre ce ciment organique sont principalement les alcalis caustiques ou carbonatés, employés sous pression ou à la pression ordinaire; les savons, l'oléate de soude, les hypochlorites. La nature et les proportions de ces dissolvants varient avec l'espèce de ramie que l'on veut traiter ;

5° Lorsque les opérations ont été bien conduites, on obtient des

retrouvons donc dans le même éternel cercle vicieux : il faut d'abord déboiser préalablement à la machine pour employer le procédé Vial, de même qu'il fallait le faire ultérieurement dans le procédé Favier. Nous craignons qu'il n'y ait toujours là les mêmes causes d'insuccès, et le procédé Vial reste simplement une nouvelle méthode de dégommage.

Au Concours de Paris de 1888, tout le monde avait remarqué une petite usine de dégommage, montée par M. Royer, et qui a paru très intéressante; les produits étaient eux-mêmes fort remarquables et la filasse très belle.

M. Royer ayant refusé de donner la composition de ses bains, nous ne pouvons donner à ce sujet aucun détail. Disons seulement que le procédé fonctionne en grand à l'usine de Louviers.

VI

Renseignements divers, rendement, etc.

Nous terminerons en donnant quelques chiffres, qui sont d'ailleurs fort difficiles à se procurer et souvent contradictoires.

D'après M. Rivière, d'Alger, les rendements sont les suivants :

100 *kg* de tiges vertes, avec leurs feuilles, donnent 52 *kg* de tiges sans feuilles.

Ces 52 *kg* donnent 10,400 *kg* de tiges sèches, c'est-à-dire environ 1/10 du poids des tiges vertes avec feuilles et 20 0/0 des tiges vertes effeuillées.

Ces 10,400 *kg* donnent 2,080 *kg* de lanières sèches extraites mécaniquement, lesquelles fournissent 1,600 *kg* de fibre bien désagrégée et 1,200 *kg* de fibre dégommée pure et blanche.

On a retiré au peignage :

700 *g* de matière peignée.

400 *g* de déchets de peignage.

20 *g* perdus en poussière, etc.

Il est bon de remarquer avec M. Royer, que le déchet de peignage de la ramie est encore un produit très beau que l'on peut travailler à la carde et qui donne d'excellent fil de trame.

Il peut être intéressant de comparer ces chiffres à ceux de la production de lin. D'après M. Saint-Léger, de Lille (1),

Un hectare de lin en France produit en moyenne 5 000 *kg* de lin séché.

(1) *A propos du lin*, par M. Saint-Léger.

1,20 *f* le kilogramme; il perd 20 0/0 de son poids au blanchiment.

Le prix de la ramie est actuellement à Paris :

Tiges vertes, 10 *f* la tonne ;

Tiges sèches, 8 *f* les 100 *kg*.

1 000 *kg* de tiges vertes effeuillées contiennent 80 0/0 d'eau; elles donnent donc 200 *kg* de tiges sèches qui fournissent 25 0/0 ou 50 *kg* de lanières décortiquées.

Ces 50 *kg* se reduisent à 25 *kg* au dégommage.

La décortication par sa grande machine, affirme M. de Landtsheere, ne reviendrait qu'à 5 *f* les 100 *kg* de lanières produites.

Le dégommage qui blanchit en même temps la ramie, revient à 0,30 *f* le kilogramme; le dégommage simple, sans pousser jusqu'au blanchiment, 0,20 *f*.

De tout ce qui précède, en somme, on voit que la ramie ne peut pas encore actuellement lutter avec le lin ; il faudrait pour cela, au lieu de se rapprocher de lui, qu'elle fut franchement, et dans une forte proportion, plus économique, ce qui n'est pas. Mais il nous semble que, dès maintenant, elle pourrait remplacer avantageusement la laine qui vaut de 4 à 5 *f* le kilogramme dans bien des usages, surtout pour faire des mélanges; on en pourrait ainsi fabriquer à bon marché diverses étoffes pour indiennes, tentures, robes de femmes, draps, etc.

Voici maintenant, d'après une note de M. Sarlat, administrateur de l'usine de Malaunay, quelques chiffres sur la culture de la ramie à la Guadeloupe, climat exceptionnel :

Un hectare planté en ramie donne 60 tiges par mètre carré, soit 600 000 tiges par coupe; chaque tige produit 3 *gr* de lanières décortiquées ou 1 800 *kg* de filasse par coupe ; la quantité de lanières produites par an avec quatre coupes serait de 7 200 *kg*, qui, vendus à 0,40 *f* le kilogramme, donnent un revenu brut de 2 880 *f*. Les frais de culture et de décortication peuvent être évalués comme suit :

Culture proprement dite.	600 *f*
Coupe (100 *f* par coupe)	400
Décortication (0,10 *f* par 100 *kg*)	720
Coût total pour l'année.	1 720 *f*

Bénéfice net pour le cultivateur, 1 160 *f*.

Ce qui est fort satisfaisant.

VII

Conclusions.

La question que nous venons d'étudier est des plus intéressantes au point de vue national, car elle est à la fois agricole et industrielle ; le développement en France et aux colonies de la ramie rendrait un service analogue à celui de l'extraction du sucre de la betterave.

On sait que l'agriculture française n'est pas en mesure de produire les matières textiles nécessaires à nos usines et que la valeur totale des produits de cette nature, lin, chanvre, coton, laine, soie, etc., que nous demandons chaque année à l'étranger dépasse 1 000 000 000 (un milliard) de francs. Pendant que nous exportons ce capital immense, nos cultures de lin et de chanvre diminuent d'étendue tous les jours, la production de la laine cesse d'être rémunératrice, la maladie des vers à soie continue ses ravages et notre agriculture traverse une crise dont souffre le pays tout entier. Combien la situation serait changée si nous pouvions conserver en France, au profit de nos cultivateurs, une partie seulement du milliard exporté, par exemple les 500 millions qui représentent nos achats de lin, de chanvre, de jute et de coton !

Or, nous avons le remède : c'est la propagation de la ramie qui peut remplacer les autres textiles presque partout, car elle s'approprie parfaitement la teinture, même des nuances les plus délicates, ce qui s'explique, car ce n'est en somme que de la cellulose comme le coton. Si elle n'a pas rendu tout ce qu'on en attendait, c'est qu'on a souvent procédé industriellement pour la traiter comme pour la décortiquer, c'est-à-dire qu'on a cherché à tort à lui appliquer les méthodes et les machines employées pour les autres textiles. C'est ainsi qu'on a traité cette matière tantôt comme le lin et le chanvre, tantôt comme la soie ou la laine et surtout comme le coton, sans s'apercevoir que, torturée par toutes les opérations auxquelles elle était soumise, elle perdait la moitié de ses qualités.

L'industrie a encore beaucoup à faire pour traiter convenablement les orties textiles; heureusement l'agriculture n'a pas besoin d'attendre ces progrès pour cultiver la plante. En effet il y aurait déjà pour la ramie un immense débouché rien que dans la fabrication des fils, cordes, câbles, filets de pêche, etc., où elle pourrait, par sa ténacité et sa résistance à l'humidité, remplacer

Annexe.

Les personnes que cette question pourrait intéresser consulteront avec fruit les ouvrages suivants auxquels nous avons fait de nombreux emprunts.

1. Culture de la Ramie en Europe, par Goncet de Maz.
2. La Ramie, par M. Frémy, de l'Institut.
3. Manuel du Producteur de ramie, par Ussit de Eimar.
4. Les Orties textiles, par M. A. Favier, de Paris.
5. Note sur la Ramie, par E. Vial.
6. Culture et exploitation des Orties textiles par la Société de Crédit, 53, rue de Châteaudun.
7. La Ramie, par M. Royer.
8. L'Écho industriel, nombreux numéros.
9. La Gazette du Colon (Algérie).
10. La Ramie, per M. Fawtier. (Bulletin de la Société des études coloniales et maritimes, juillet 1887.)
11. La Revue industrielle (M. Josse).
12. La Chronique industrielle (M. Casalonga).
13. Rapport à M. de la Porte sur les machines du concours de 1888, par M. Arnould.
14. La Question de la Ramie, par M. Crozat.
15. La Ramie. Guide du cultivateur. Bibliothèque de la Société des études maritimes et coloniales.
16. Commission de la Ramie. Bulletin de la Société française de colonisation.
17. A propos du concours de la Ramie, par MM. Royer et de Landtsheere.
18. Culture et production du China-Grass en Algérie, par M. Hardy.
19. La Ramie, par le baron Jean de Bray.
20. Étude sur la Ramie, par Alfred Renouard.
21. La Ramie, par Numa Berthier.
22. Nouvelle industrie de la Ramie, par O. Périer de Vaucluse.
23. La Ramie, soie végétale, par H. Favre.
24. Décortication mécanique de la Ramie, par Kaulek.
25. La Ramie, par Mairesse.
26. Note sur la culture de la Ramie, par Bérard.
27. Instructions pour la propagation de la Ramie, par la Société de Crédit.
28. La Revue scientifique, Ch. Richet.
29. Conférence de Napoléon Ney à la Société de Géographie commerciale.
30. Le Moniteur de la Ramie.

J'ai attendu pour porter ces faits à la connaissance de la Société, que le rapport officiel fût terminé. Je dois à la bienveillance de M. le Ministre de la marine, l'autorisation d'en publier quelques extraits, ainsi que la partie du rapport des 126 et 127 qui donne les éléments principaux des coques et qui décrit les appareils moteurs.

EXTRAIT DU RAPPORT

EN DATE DU 7 DÉCEMBRE 1889

De la Commission chargée de procéder aux essais de recette des torpilleurs 126 & 127

(M. l'Ingénieur de la Marine, MARIT, Rapporteur)

I. — De la Coque

Les dimensions principales de la coque sont les suivantes :

Longueur hors tout (y compris le gouvernail). . .	36,85	*m*
Largeur extérieure au fort	4,00	
Creux sur tôle, quille au-dessous du bordé du pont.	2,50	
Longueur à la flottaison	35,95	
Largeur à la flottaison	3,92	
Profondeur de carène au milieu (Tirant d'eau milieu)	1,15	
Différence de tirant d'eau sous tôle quille prolongée	0,75	
Hauteur de la crosse d'hélice sous tôle quille prolongée (relevée à bord au Havre). — Torpilleur 126.	1,065	
— Torpilleur 127.	1,08	
Surface immergée du maître couple au tirant d'eau de 1,15 *m*	3,57	m^2
Déplacement hors bordé	79,436	*tx*

II. — De l'appareil moteur et évaporatoire.

Chaudière.

La chaudière est du type locomotive, mais d'un dessin tout spécial.

Les dimensions principales de la chaudière sont les suivantes :

Surface de grille.	2,82	m^2
Surface de chauffe directe.	10,93	
Surface de chauffe totale	132,21	m^2
Volume d'eau.	4,678	m^3

veloppe cylindrique avec la plaq
la plaque de tête sont ainsi supp

La hauteur du foyer est plus c
teur de la chaudière que sur les
de l'eau se trouve ainsi plus ra
Celle-ci se relève au-dessus de
coffre à vapeur. Elle est d'ailleur
drique comme sur les chaudières
voir ne s'étend que dans la long

Les tubes sont en laiton rabou
boite à feu, dudgeonnés et bag
Du côté de la boite à fumée, ils
non bagués.

La plaque à tubes de la boite
bande annulaire, voisine du rab
annulaire a pour but de permett
de céder à la dilatation sous l'eff

La disposition des tubes est l
adoptée primitivement par la Soc
Dehorter, *Edmond-Fontaine* et *Boue*
losanges, dont les sommets sont d
ont leur grande diagonale horizo
jusqu'à présent la disposition des

Mach

La machine motrice est du syst
verticaux. Les dimensions princip

Diamètre du cylindre d'admis
— de déte
Course des pistons . . . . .
Nombre de tours maximum p
Force en chevaux prévue. .
Introduction au cylindre d'ad
Poids de la machine complète
Eau du condenseur et des bâc

La disposition des cylindres et
que sur les torpilleurs Normand d
sont aux extrémités de la machine
boites à tiroir. Ces dernières sont
du petit cylindre. Les pistons, ti
blables à ceux des machines des 3

en bronze reliés entre eux par des tirants obliques en fer. Les cylindres sont d'ailleurs reliés à la coque par des tirants à pattes.

Les glissières des tiges de piston sont en bronze, creuses, avec circulation d'eau intérieure; elles sont établies entre les bâtis de chaque cylindre.

Les tiges de piston, les bielles sont en acier, et creuses. Les coussinets de tête de bielle, au lieu d'être complètement en bronze, sont en bronze garni de bronze blanc, et le demi-coussinet extérieur est muni d'un chapeau en acier.

Condenseur. — L'enveloppe du condenseur est une portion de tore; les tubes en laiton étamés, sont arqués (1).

La courbure des tubes permet la flexion à la dilatation, et par suite les précautions prises à l'ordinaire pour laisser libre le glissement dans les plaques de tête deviennent inutiles. Les tubes sont en effet simplement dudgeonnés dans les plaques de tête. Ces dernières sont en bronze.

Ce système paraît être préférable aux garnitures en caoutchouc, papier ou coton, qui se brûlent lorsqu'on évacue la vapeur de la chaudière au condenseur, ou qui se dessèchent lorsque les torpilleurs restent en réserve à terre.

La circulation se fait par sillage; il existe une petite turbine pour la marche au point fixe.

Pompes à air; pompes alimentaires. — Les pompes alimentaires au nombre de deux, la pompe de cale, la pompe à air, sont conduites par les leviers d'un arbre mû par une bielle d'excentrique qui est disposée entre les excentriques des deux tiroirs sur l'arbre a manivelles.

La pompe à air est ainsi plus accessible qu'avec l'ancienne disposition adoptée par M. Normand (pompe à air sous le parquet, mue par un bouton de l'extrémité de l'arbre à manivelles).

Les réservoirs d'air des pompes alimentaires et de cale sont en bronze et, au lieu de se visser sur le corps de pompe, ils sont maintenus par des brides faciles à manœuvrer. Il existe, en outre, des réservoirs d'air sur les aspirations des pompes alimentaires.

Les tuyaux d'amorçage automatique installés jusqu'à présent sur les pompes alimentaires des torpilleurs Normand, sont remplacés par de simples trous de 1 *mm* de diamètre, percés au nombre de deux au travers de chaque clapet de refoulement.

(1) Leur courbure est à tous la même; ils ont tous par le fait les mêmes rechanges.



cas d'avarie du réchauffeur, le réchauffeur peut être ainsi isolé, et l'alimentation se fait directement.

Purgeurs automatiques. — L'eau provenant de la condensation de la vapeur réchauffante s'écoule, au sortir des tubes du réchauffeur, dans un purgeur automatique d'où elle se rend au condenseur.

Ce purgeur se compose d'une capacité cylindrique où arrive le mélange de vapeur et d'eau de condensation. L'eau coule au fond du cylindre, et, en soulevant un flotteur quand elle atteint un certain niveau, elle fait jouer une soupape qui lui livre passage.

Ce purgeur reçoit uniquement l'eau de condensation du réchauffeur et règle son écoulement au condenseur.

Il existe un autre purgeur tout semblable, auquel aboutissent les purges de la boîte à tiroir à haute pression et, par conséquent, celles des enveloppes qui, anisi qu'on l'a dit plus haut, convergent à cette boîte. Ce purgeur reçoit, en outre, la purge du cylindre d'admission.

Serpentin de la bâche. — Le tuyau d'évacuation de ce second purgeur rejoint le tuyau d'évacuation du purgeur du réchauffeur, et le tuyau commun qui leur fait suite pénètre dans le second compartiment de la bâche, s'y enroule en serpentin, et en ressort pour aboutir au condenseur. De cette façon, l'eau provenant de la condensation de la vapeur dans le réchauffeur et dans les enveloppes transmet, avant d'aller au condenseur, son excès de chaleur à l'eau de la bâche dont la température s'élève de trois degrés environ.

Les tuyaux de purge du grand cylindre aboutissent également au serpentin de la bâche.

Avantages du réchauffeur. — Les extraits de la demande du brevet d'invention de M. Normand, joints au présent rapport, expliquent les avantages du nouveau réchauffeur au point de vue de l'utilisation du combustible.

Ces avantages auraient leur origine dans les faits suivants :

1° Mauvaise utilisation de la vapeur dans les cylindres, dès que la détente devient insuffisante. Il y a, par suite, avantage à soustraire de la vapeur dans le cylindre de détente, après que cette vapeur a fourni la plus grande partie du travail qu'elle y peut donner, si l'on en recueille toute la chaleur au lieu de la laisser évacuer au condenseur avec une pression encore forte. Or, la va-



Combustion par heure et par mèt
carré de grille . . . .
Pression. . . . .

Dans ces conditions le « chasseur »
de 9,29 *l* par kilogramme de charbon.

1° On a employé sur le 128 de la briqu
sée d'avance en morceaux triés soigneu

2° Le chauffage de l'eau d'alimentati
60° environ a augmenté la vaporisation.

On peut admettre que cette augmen
$\frac{606,5 + 0,305\, t - t'}{605,5 + 0,305\, t - t''}$ avec $t = 135,5$ t'
environ 3 0/0;

3° Le rapport de la surface de chauffe
est de 25,8 sur le « Chasseur » est de 8
sur le 128, et d'après M. le directeur d
M. Bienaymé, ce rapport croissant de 2
vaporisation croissait dans le rapport d
la chaudière à retour de flammes du «
liser le combustible que la chaudière
mais avec une aussi faible intensité de
doit être faible.

La vaporisation théorique étant

$$\frac{9500}{606,5 + 0,305 \times 153,5 -}$$

grâce au réchauffeur, il semble que no
vaporisation de 12 *l* par kilogramme d
pour la chaudière un rendement de 0,7

Le travail de 1 *kg* de vapeur sèche p
à 0,136 contre-pression moyenne dans
62,772 *km* (admettant que ce travail soi
soit par seconde 17,4 *kg*.

Un cheval exige donc par heure $\frac{75}{17,4}$

la consommation théorique serait de $\frac{4,31}{12}$

pratiquement 0,479, ce qui semble pou

courbes pendant les essais à grande vites gressifs ont été effectués sur le 128 ; ma cement était alors plus grand de 9 0/0 d paraison des vitesses ne fournit aucune i et que celle-ci ne peut être estimée que le nombre de tours.

Le tableau suivant donne les résultats

	VITESSE	NOMBRE DE TOURS par minute	PF à la CHAUDI
	nœuds		*kg*
128 Essai progressif en surcharge	19.38	289	9.48
126 Essai officiel de deux heures	21.087	308	9.47
127 Essai officiel de deux heures	20.695	287.5	9.74
128 Essai officiel de deux heures	20.975	308.5	9.70

La puissance moyenne a dû être peu difl ce qui ferait ressortir la consommation p

Dans mes précédentes machines, elle dans celles de beaucoup de machines sir atteint 1,40 *kg* et plus.

Pour tous ceux qui ont assisté à un es torpilleurs, le chiffre de 0,87 *kg* paraîtra tr à celui qui résulte de l'essai à très petit il est vrai, le bénéfice de la haute pressi saturée, la détente et la compression son bustion activée par le tirage artificiel atte ordinaire.

L'économie réalisée sur les appareils p être principalement attribuée au réchaufl

Je vous demande maintenant la perm explications fournies par les savants rap nieurs des constructions navales Marit et

J'attribue les résultats économiques re constatés, à quatre causes principales :

Il serait très désirable que la vapori
128 pût être vérifiée dans les conditic
mation. Cette expérience permettrait
revient à la machine et à la chaudière

La compression complète de la vapeur a
avantages de la compression sont conni
leur valeur économique soit complèter

Pour beaucoup d'Ingénieurs, ils se r
la perte résultant des volumes morts;
est probablement peu de chose compa
sulte du réchauffage des fonds du cyli
piston. On sait aujourd'hui quelle diffe
entre le volume théorique et le volum
duite : cette différence provient de la
les surfaces de contact des fonds et d
de la vapeur, et même à une températu
on annule la condensation et on opère
d'échappement qui traverse les lumi
rendre au grand cylindre. Dans ce cy
la compression ne peut être que très fa
à condensation.

La compression constitue, en outre,
réchauffer le piston, et il est beaucou
serait une chemise, car ce réchauffage s
exposée au contact de la vapeur.

Le réchauffage des fonds et du piston
coup plus grande que celui du corps m
avec les proportions ordinaires des m
vapeur reste beaucoup plus longtemps
de la machine qu'avec l'autre.

Si la compression n'a pas été jusqu'i
ment, ce n'est pas tant à l'importance
attribuée, qu'aux difficultés pratiques q
qui ont été résolues ici par l'emploi
dans la boîte à tiroir.

Ces difficultés sont la pression exagé
reuse, qu'elle produit dans l'intérieur d
du couple de rotation qui en est la cons

Dans nos précédentes machines de

dique M. l'Ingénieur Marit à 70° à très petite vitesse et à 100° grande vitesse.

L'idée d'employer pour cet objet une partie de la vapeur total ayant déjà fourni du travail est due, je crois, à MM. Weir qui l'or appliquée, ainsi que M. Mc. Nab, sous une forme différente : pa mélange avant aspiration par les pompes alimentaires. Cette dis position exige des organes d'un fonctionnement très délicat installés à une grande hauteur, afin d'obtenir une charge suffi sante pour que les pompes puissent aspirer. De plus, l'échauffe ment est nécessairement limité à une température notablemen inférieure à 100°.

Au point de vue théorique, ce mode de réchauffage est excel lent, le travail déjà fourni par la vapeur employée étant d'un économie absolue ; et bien que ce travail ne représente qu'un très minime fraction de la puissance totale, il suffit à relever cor sidérablement le coefficient général de la machine.

Pour fixer les idées, admettons que le travail déjà fourni par l vapeur de réchauffage soit égal à 7 0/0 du travail total, et qu le rendement des 0,93 centièmes restants soit égal à 0,30 du ren dement théorique, on a :

$$0{,}07 \times 1 + 0{,}93 \times 0{,}30 = 1 \times 0{,}34$$

Le rendement de la machine s'éleverait ainsi de 0,30 à 0,34.

Ces chiffres sont, je le répète, complètement hypothétiques.

L'emploi de la vapeur pour le réchauffage se justifie aussi pai faitement au point de vue pratique par la supériorité du coefficier de transmission de la vapeur saturée sur celui des gaz chauds.

Il résulte, en effet, d'expériences nombreuses que j'ai effec tuées, que ce coefficient est cent fois plus grand pour la vapeu saturée que pour l'air. Cette différence s'explique facilement s l'on considère que, quand la vapeur saturée se trouve en contac avec une surface dont la température est inférieure à celle de s condensation, elle se condense immédiatement et fait place à d nouvelles couches de vapeur qui se condensent de même. L couche d'air chaud, au contraire, se refroidit, mais elle ne fai place à de nouvelles couches qu'autant que l'agitation est trè active.

D'un autre côté, il est vrai, la différence de température e vertu de laquelle se transmet la chaleur est beaucoup moindr quand on emploie de la vapeur au lieu d'air chaud. Admetton

Les expériences dont je parlais tout
de mesurer le nombre de calories M tr
surface S en mètres carrés, pour une
Δ t, en degrés centigrades, en admetta

M = K . S .

Les valeurs moyennes de K sont c
suivant :

Gaz chauds dans la boite à fumée.
Eau chaude. . . . .
Vapeur saturée. . . . .
Vapeur à basse pression s'échappant
d'expansion dans une capacité où le v
65 *cm* de mercure . . . .
Vapeur à haute pression s'échappant
sous la pression de à 4 *kg* dans la même

Dans ce dernier cas, la température
rieure à celle de saturation qui corresp
Les chiffres varient avec la rapidité d
le tube de surface S; mais ils sont com
Il semblerait, d'après le tableau ci-
s'échappe du grand cylindre au cond
mauvais agent de réchauffage. Elle est,
dans ce but, par exemple par M. Schic
température est si peu élevée (50° en
surface est nécessaire, et que le récha
tant. Il en résulte aussi une augmenta
dans le grand cylindre.
Malgré les résultats économiques f
chines décrit dans cette note j'ai aband
pour la triple expansion.
On me permettra de rappeler ici que
le promoteur de ce système, de même
double expansion.
Mon but a été d'obtenir un couple de
diminuer les efforts dus à l'inertie qu
légères des torpilleurs, de réduire le
frottantes qui deviennent excessives, av

tient donc bien en propre à M. du Temple qui, l'ayant inventé de son côté, a réussi avec une énergie et une ténacité extraordinaires à en démontrer l'exactitude. Aussi est-il appliqué aujourd'hui dans une plus ou moins grande mesure dans la plupart des divers types de chaudières où la circulation de l'eau se fait à l'intérieur des tubes.

La chaudière du Temple se distingue, en outre, par beaucoup de détails ingénieux dont le principal est le système de fixation des tubes qui permet de les remplacer avec une facilité extrême. Sans doute elle est susceptible de grands perfectionnements; mais telle qu'elle est, elle constitue un appareil extrêmement remarquable.

En terminant cette note déjà trop longue, je voudrais dire un mot des locomotives, et surtout des locomotives compound auxquelles plusieurs des perfectionnements décrits plus haut me paraissent applicables. C'est à notre confrère, M. Mallet, que revient l'honneur et le mérite d'avoir fait les premières locomotives de ce genre, et la question a été fréquemment discutée devant vous.

La double expansion est-elle appliquée aux locomotives de manière à donner tous les résultats qu'elle peut fournir? Je ne le pense pas : les faits sont là, du reste, pour justifier cette opinion; l'économie obtenue jusqu'ici n'est pas celle qu'on attendait et qu'on était en droit d'attendre.

Le petit cylindre, principalement, travaille généralement dans des conditions économiques très mauvaises.

Les locomotives sont les machines dont les variations de puissance sont le plus étendues puisque parfois elles doivent travailler à contre-vapeur. Il faut donc que la distribution soit telle que le fonctionnement soit pratiquement satisfaisant à tous les degrés de détente.

Or, à moins d'employer un tiroir spécial pour l'échappement, ainsi que l'a fait la Compagnie du Nord, quel que soit le système de distribution employé, la compression augmentera énormément avec la détente. On est ainsi forcément conduit à régler la compression de telle sorte que, pour l'introduction minima, elle n'atteigne pas une valeur exagérée. Il en résulte que dans la marche normale, la compression est très insuffisante. Cela est si vrai que l'on a dû parfois donner un recouvrement intérieur négatif au petit tiroir. Or, comme je l'ai dit plus haut, la compression est le seul moyen pratique connu de réchauffer le piston et, pour le réchauffage des fonds, il est préférable aux enveloppes puisqu'il



plus grand développement de cette théorie jusqu'à ce que des expériences, dont le programme serait facile à dresser, permettent d'attribuer des valeurs précises aux nombreuses constantes des formules dont l'usage restera inutile jusque-là.

TORPILLEUR N° 128

Essai de consommation à 10 nœuds.

SORTIES DES 6, 7 ET 8 MARS 1890

	1re JOURNÉE	2e JOURNÉE
Tirant d'eau AV	0,652	0,645
Tirant d'eau AR (1)	2,648	2,641
Tirant d'eau moyen	1,107	1,100
Surface immergée du maître couple	3,208	3,18
Déplacement correspondant (2)	74,866	74,122
Surface de grille (surface réduite)	1,62	1,62
Nature du charbon employé	Briquettes d'Anzin spécial.	
Ouverture de la soupape d'arrêt en millimètres	1	1
Ouverture de la valve en dixièmes	1	1
Intensité du vent	3	3
Direction du vent	S. O.	S. O.
État de la mer	Agitée.	Agitée.
Heure de la marée	8h50	9h21
Longueur de la base parcourue (le 6 mars)	1852 *m*	»

(1) La hauteur de la crosse sous la quille droite prolongée est de 1,086.
(2) Différence entre les déplacements au commencement des deux sorties : 744.

TABLEAU II

Essai de 8 heures en route libre (1re journée).

HEURES des OBSERVATIONS	NOMBRE DE TOURS au COMPTEUR	NOMBRE DE TOURS au moment de la courbe	INTRODUCTION au petit CYLINDRE	PRESSION		VIDE au CONDENSEUR	PETIT CYLINDRE		GRAND CYLINDRE		PUISSANCE TOTALE	TIRAGE en millimèt. D'EAU	TEMPÉRATURE	
				CHAUDIÈRE	RÉSERVOIR		ORDONNÉE moyenne	PUISSANCE en CHEVAUX	ORDONNÉE moyenne	PUISSANCE en CHEVAUX			MACHINE	EAU D'ALIMENTATION
8 20	222													
50	4 181	131	0,43	3,50	— 0,150	71	1,330	51,81	0,492	47,40	99,21	»	25°	61°
9 20	8 310	141	0,41	4,50	— 0,100	73	1,469	61,59	0,523	54,24	115,83	»	25	63
50	12 612	143	0,41	4,25	— 0,050	73,5	1,553	66,03	0,566	59,53	125,56	»	22	62
10 20	16 889	146,5	0,375	4,45	+ 0,100	73,5	1,491	64,95	0,618	66,59	131,54	»	25	52
50	21 100	140	0,375	4,45	+ 0,100	74,5	1,376	57,28	0,650	66,93	124,21	»	25	62
11 20	25 305	139	0,365	4,25	+ 0,050	74	1,407	58,15	0,620	63,39	121,54	»	25	61
50	29 515	141	0,365	4,25	+ 0,100	74,5	1,361	57,06	0,642	66,58	123,64	»	30	61
12 20	33 752	140,5	0,365	4,25	+ 0,050	74,5	1,407	58,78	0,628	64,90	123,65	»	27	61
50	37 972	143	0,365	4,50	0,000	74	1,476	62,76	0,589	61,95	124,71	»	27	61
1 20	42 174	141	0,365	4,25	+ 0,100	74,5	1,446	60,63	0,554	57,45	118,08	»	26	61
50	46 388	142,5	0,365	4,25	+ 0,080	74,5	1,353	57,33	0,632	66,24	123,57	»	25	50
2 20	50 629	140,5	0,365	4,50	+ 0,100	74	1,369	57,19	0,628	64,90	122,09	»	25	62
50	54 847	141	0,365	4,50	+ 0,100	74	1,376	57,69	0,649	67,30	124,99	»	23	60
3 20	59 008	139	0,365	4,35	+ 0,100	74	1,392	57,54	0,646	66,04	123,58	»	24	62
50	63 162	138,5	0,365	4,30	+ 0,100	74	1,353	55,72	0,650	66,21	121,93	»	25	62
4 20	67 322	138	0,365	4,25	+ 0,100	74	1,322	54,25	0,626	63,54	117,79	»	24	58
Moyenne	139,79	140,34	0,376	4,30	+ 0,042	73,8	1,405	58,67	0,607	63,70	121,37	»	25,1	59,9

TABLEAU IV

Calculs et Résultats.

	1re JOURNÉE	2e JOURNÉE
Nombre de tours total.	67 100	64 577
Vitesse résultante.	10,819	10,412
Consommation de charbon :		
Totale pendant les huit heures.	460 *kg*	400 *kg*
Par heure	57,500	50
Par heure et mètre carré de grilles	35,49	30,865
Par mille parcouru	5,3147	4,8021
Par mille à la vitesse de 10 nœuds.	4,5105	4,6120
Consommation d'eau par heure à la vitesse de l'essai. .	9,06	9,06
Puissance en chevaux rectifiée au compteur.	119,95	112,33
Consommation de charbon par cheval et par heure. .	0,479	0,445

Consommation de charbon par mille à la vitesse de 10 nœuds (moyenne des deux journées) : 4,576 *kg*.
Poids de charbon nécessaire pour parcourir 1 800 milles à la vitesse de 10 nœuds : 8 238,06 *kg*.

Si c'est le tuyau ou le robinet inférieur qui vient à s'obstruer, le retour de l'eau du tube à la chaudière sera empêché ; dès lors, la vapeur continuera à venir au-dessus et à se condenser au contact du niveau du tube, alors même que le niveau réel baisse dans la chaudière.

Lorsque le tuyau inférieur est en pente vers le tube de verre, il peut arriver que la chaudière soit dépourvue d'eau; même complètement, et que le tube indicateur continue néanmoins à marquer. C'est là un inconvénient grave qui, il est vrai, est facile à éviter par un montage convenable.

Une autre cause d'erreur — celle-ci est permanente cette fois — peut exister quand le tube de verre est relié à la chaudière par d'assez longues conduites, ce qui a lieu fréquemment pour les chaudières entourées de maçonnerie.

M. Macquet signale comme suit cette cause d'erreur dans son *Cours de physique industrielle :* « L'eau du tube est toujours plus froide que celle de la chaudière. Conséquemment, plus est grande cette différence de température et haute la colonne liquide de prise d'eau du tube, plus sensible sera la différence entre la hauteur des colonnes d'eau chaude dans la chaudière et d'eau froide dans le tube qui se font équilibre. De là un abaissement plus ou moins important du niveau du tube par rapport à celui de la chaudière. C'est surtout avec les chaudières à bouilleurs que ce défaut est fréquent et marqué.

M. Vinçotte cite une chaudière à bouilleurs dont l'indicateur prenait son eau sur la tête avant du bouilleur en dehors des maçonneries. La hauteur entre le niveau d'eau dans le verre et la prise d'eau était de 1.31 *m*. Le tuyau n'était que tiède. Lorsqu'on purgeait le tuyau de manière à le vider et à le remplir ensuite d'eau chaude, on constatait une différence d'ailleurs facile à expliquer. La température du tube était de 45° environ, celle de la chaudière de 145°.

Le volume d'eau à 45° est de 1,0097, son volume à 4° étant pris pour unité. D'après les expériences de Hirn, à 145°, il serait de 1,076, de sorte que la hauteur d'eau dans la chaudière équilibrant la colonne de 1,31 *m* du tube indicateur mesurait $\frac{1,31 \times 1,076}{1,0097} = 1,40$ *m* et aurait ainsi 0,09 *m* de plus que celle du tube, valeur qui correspond assez exactement avec celle de l'expérience. Dans les cas de ce genre, on introduirait donc trop d'eau dans la chaudière en s'en rapportant à l'indicateur et la réduction de la chambre de vapeur pourrait occasionner des entrainements d'eau.

Si la prise d'eau était disposée de telle façon que la colonne froide du tube d'arrivée fût en charge sur celle de l'indicateur, l'effet contraire au précédent se produirait. C'est ce qui arrive dans les installations où la prise d'eau se fait par le dessus, traversant la chambre de vapeur de la chaudière pour redescendre ensuite vers le tube indicateur. Le danger de cette disposition saute aux yeux ; elle peut faire croire à l'existence d'un niveau convenable dans la chaudière, alors qu'elle manque d'eau. »

Ajoutons à ces graves inconvénients la facilité avec laquelle le tube de verre se brise s'il n'est pas monté avec le plus grand soin ou si quelque mouvement des masses a altéré la parfaite concordance des armatures.



Sur la boite ajutage q
montés deux autres robin
mentaires et à suppléer pı
défaut. Le manomètre peı
Une vis adoptée sous l
celui-ci pour le desserrer
tout autre motif, ce robin
On voit d'après cette de
tuosités inhérentes aux sy
primées. Il reste cependan
rupture a évidemment be
elle peut survenir et, dar
seraient plus grands qu'
robinet est ouvert, si le
paroi de la chaudière ur
vapeur de la chaudière se
pas alors commode, la
bouillante, d'approcher du
difficile d'y adapter une dis
de levier, par exemple, pe
La chaudière exposée à
disposition particulière. A
installées dans la chambre
catrice, comme à travers u
aisément ce qui se passa
s'agit pas d'avoir dans la
générateurs; mais pour un
de l'ébullition, de la vapo
modes et la constatation
sans la moindre difficulté
La chaudière exposée
appareil d'alarme dit « U
prévenir de l'abaissement
mentaire, mais encore d'a
autorisé ou lorsque les tôl
sec ou enfin lorsqu'une ca
lition.
Cet appareil a donc la
de danger qui viennent d'
assez tôt pour qu'on puiss
un accident; et cette prét
cats nombreux produits pa
interrogés par les auteurs
répandu en Allemagne.
Le signal est le même,
en une sonnerie électrique
d'un anneau ou alliage ap
de la chaudière, se trouve
enveloppe d'eau venant du

tallation. Il importe évidemment de vérifier, quand on nettoie la chaudière, si la partie inférieure de l'appareil n'est pas obstruée et d'enlever les incrustations qui s'opposeraient rapidement à la conductibilité du tube intérieur.

Pour constater si la sonnerie électrique marche convenablement, on peut en tout temps fermer le circuit en appuyant sur un bouton à ce destiné.

S'il y a plusieurs chaudières, l'appareil de sonnerie est disposé comme le sont les sonneries électriques des hôtels et des administrations, avec un tableau portant des numéros correspondant aux différentes chaudières.

On peut signaler une disposition présentée par le même exposant pour indiquer les niveaux trop élevés et consistant en un tube plongeant verticalement dans la chaudière et venant affleurer par le bas le point le plus haut que l'on puisse atteindre. Ce tube débouche à sa partie supérieure à l'extérieur de la chaudière dans une chambre où se trouve un petit flotteur surmonté d'une tige. En temps ordinaire, la vapeur remplit le tube dans le haut duquel se trouve un petit robinet tenu constamment un peu ouvert pour permettre un léger échappement; le flotteur reste alors appuyé sur l'orifice inférieur du tube. Mais si l'eau s'élève et atteint le bas du tube, elle monte dans celui-ci et va soulever le flotteur, la tige remonte et produit un contact lequel forme un circuit et fait fonctionner la sonnerie comme ci-dessus.

Il y a encore un appareil intéressant, c'est un contrôle pour tubes de niveau en verre. C'est un tuyau qui peut avoir quelle forme que l'on veut suivant l'endroit où on l'applique et qui plonge dans la chaudière jusqu'à la limite inférieure du niveau de l'eau. Il est surmonté d'une boîte en verre garnie au-dessus et au-dessous d'un robinet. Cet appareil n'est destiné ni à servir d'indicateur habituel, ni à donner éventuellement l'alarme. C'est simplement un appareil qui permet de contrôler si les indications du tube ordinaire en verre sont exactes, surtout lorsque le niveau de l'eau est descendu d'une manière inquiétante, notamment au-dessous de la limite inférieure réglementaire.

Cette boîte en verre contient un petit flotteur bien visible qui est soutenu par l'eau qui remplit l'appareil quand la partie inférieure du tube plongeant est encore dans la masse liquide de la chaudière, mais qui retombe quand, par suite d'un certain abaissement survenu dans cette masse liquide, ledit tube vient à se vider et à se remplir de vapeur. L'indication du tube ordinaire en verre est ainsi reconnue vraie ou fausse, selon qu'en ce moment elle correspond ou non au niveau constaté par cet appareil de contrôle.

Ces diverses dispositions ont incontestablement leur utilité et plusieurs d'entre elles peuvent être avantageusement appliquées. La grande simplicité et la sûreté de fonctionnement de l'indicateur de niveau d'eau du système Ochwadt le rendent particulièrement recommandable, son usage dispensant évidemment de l'appareil de contrôle qui vient d'être décrit.

Patentes d'invention en Amérique. — Le régime des



Art. 5. — Le service des marchandises est interdit le dimanc transport des marchandises et du bétail en grande vitesse demeı tefois reservé.

Art. 6. — Lorsque des circonstances spéciales le rendent néc e Conseil fédéral est autorisé à déroger, par des mesures exceptioı aux dispositions de la présente loi.

Art. 7. — Les contraventions à la présente loi seront passible amende pouvant aller à 500 *f* et, en cas de récidive, à 1,000 *f*.

La peine est encourue alors même que l'employé aurait déclaré cer à l'un ou à l'autre des jours de congé garantis par la loi.

Art. 8. — La présente loi abroge la loi complémentaire du vrier 1878, modifiant l'article 9 de la loi fédérale sur l'établisseı l'exploitation des chemins de fer.

Art. 9. — Le Conseil fédéral est chargé, à teneur des disposit la loi fédérale du 17 juin 1874, relative aux votations populaires lois et arrêtés fédéraux, de faire publier la présente loi et de fi poque où elle entrera en vigueur.

Concours de dynamomètres. — Il peut être utile à qu uns de nos collègues de savoir que la Société allemande d'agr. offre un prix de 400 marks pour un dynamomètre destiné à me résistance des voitures à la traction. Le prix sera décerné sur le d'une commission qui fera l'essai des appareils présentés au mars 1891.

L'appareil devra pouvoir s'appliquer à des efforts variant eı et 2 500 *kg*.

Les dynamomètres devront être envoyés avant le 15 févrieı la *Deutsche Landwirschaft Gesellschaft*, 8, Zimmerstrasse, à Be

très remarquable de l'état actuel de la construct
première partie passe en revue les moteurs à ai
gaz, à pétrole, et les machines à vapeur. Pour ce
la catégorie de beaucoup la plus importante, i
prenant : la théorie, la distribution et réglement
divers, les principaux détails mécaniques, la
duction de la vapeur. Le travail dont nous nou
une revue descriptive des divers types de mach
en existe un grand nombre ; son objet est tout au
nettement et sommairement les principes qui
avec les faits essentiels soit historiques soit desc
à chaque pas le soin qu'a apporté l'auteur à s
travaux les plus récents tant en France qu'à l'é

Note sur **l'accident de la mine de M**
Aguillon, Ingénieur en chef des mines.

Cet accident survenu en septembre 1889 a été
insignifiant par lui-même mais qui, par les fur
rables produits par lui, a fait périr soixante-
soixante-cinq que contenait à ce moment la
(Ecosse).

D'après les conclusions de la Commission d'er
occasionné par le passage de la fumée et des ga
la voie d'entrée, voie de laquelle ils se sont répa
La cause primitive de l'accident parait due à la
intérieures dans les retours d'air, mode d'install
fréquent en Angleterre.

Il parait positif que l'exploitation de Mauricev
chose qu'une exploitation à puits unique et en so
dans son ensemble, mais la Commission d'enq
lettre de la loi n'a pas cru devoir retenir ce grie
fait que des critiques de détail.

Les conditions du travail et la grèv
houillères prussiennes, par M. Keller, Ingénieu

Cette note est relative à la grève de 1889 en W
séquences. Cette grève a eu pour conséquence
mais elle n'a pas empêché le développement de l
seulement elle a eu pour contre-coup un renchér
nuisible aux consommateurs et à l'industrie alle

Etude des **modifications apportées à l**
mines de houille de la Saxe royale en
pire allemand sur l'assurance contre la maladi
M. Bellom, Ingénieur des mines.

Le mémoire expose l'état des caisses de secours
avant l'entrée en vigueur de la première des lois d
relatives à l'assurance obligatoire contre la mala
indique la situation nouvelle qui en résultait pou

telles que sulfate de fer, sulfate de cuivı
peinture à l'huile, goudron, avec durée di

Les résultats sont figurés dans des table

Au point de vue de la durée, dans la n
bouleau vient en premier lieu et le pin n
de vue des préparations, le goudron augn
et celle du peuplier de 150. Le sulfate de
du chêne et de 15 seulement celle du peu
donnent des chiffres notablement inférieu

DISTRICT DE SAINT-É

Séance du 8 novemb

Communication de M. Léon Michel s
dents du travail.

Procédé de sondage Raveaud. —
tion sera donnée ultérieurement, est indiq
naison de divers systèmes à chacun des
avantages en laissant de côté leurs inconvé

Note de M. Murgue sur le **Ventilateu**

Cette note est relative à l'orifice de passa
dont l'appréciation a soulevé une controve

Influence de la pression atmosp
ment du grisou.—Cette communicatio
faites aux mines de Kohlscheid, près Aix-
Les essais ont été faits avec le grisoumètre C
analyses chimiques. Des observations, p
mois, ont d'ailleurs fait reconnaitre que, d
une relation entre la pression barométrique

Visite à la mine de Villeboeuf. -
ment pour objet de voir un ventilateur syst
tique à celui de Cransac. Cet appareil a
refouler dans la mine ; la roue a 2 *m* de di

La machine qui commande le ventilate
celui-ci à 240 tours par minute, ce qui lui
seconde à la pression de 84 *mm* d'eau.

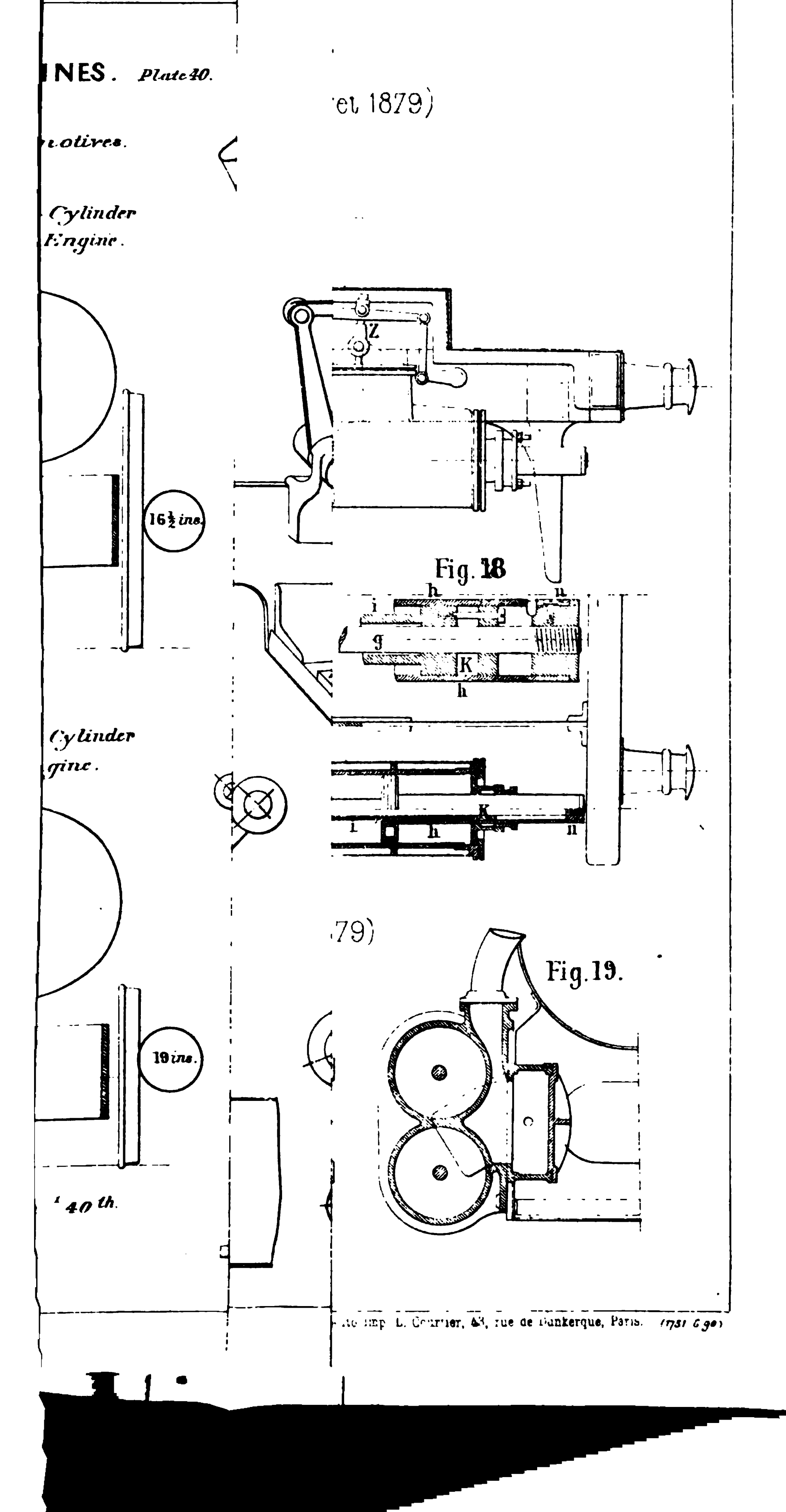
La réunion a examiné un petit ventilateu
disposé pour aspirer ou refouler à volonté. L
et l'ouïe unique 0,150. Avec un homme t
pression est de 40 *mm*, ce qui correspond à
hommes tournant très fort, la dépression att
pond à un débit de 325 *l*.

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LA CHRONIQUE DE 1890.







...Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris. (1751 6 90)

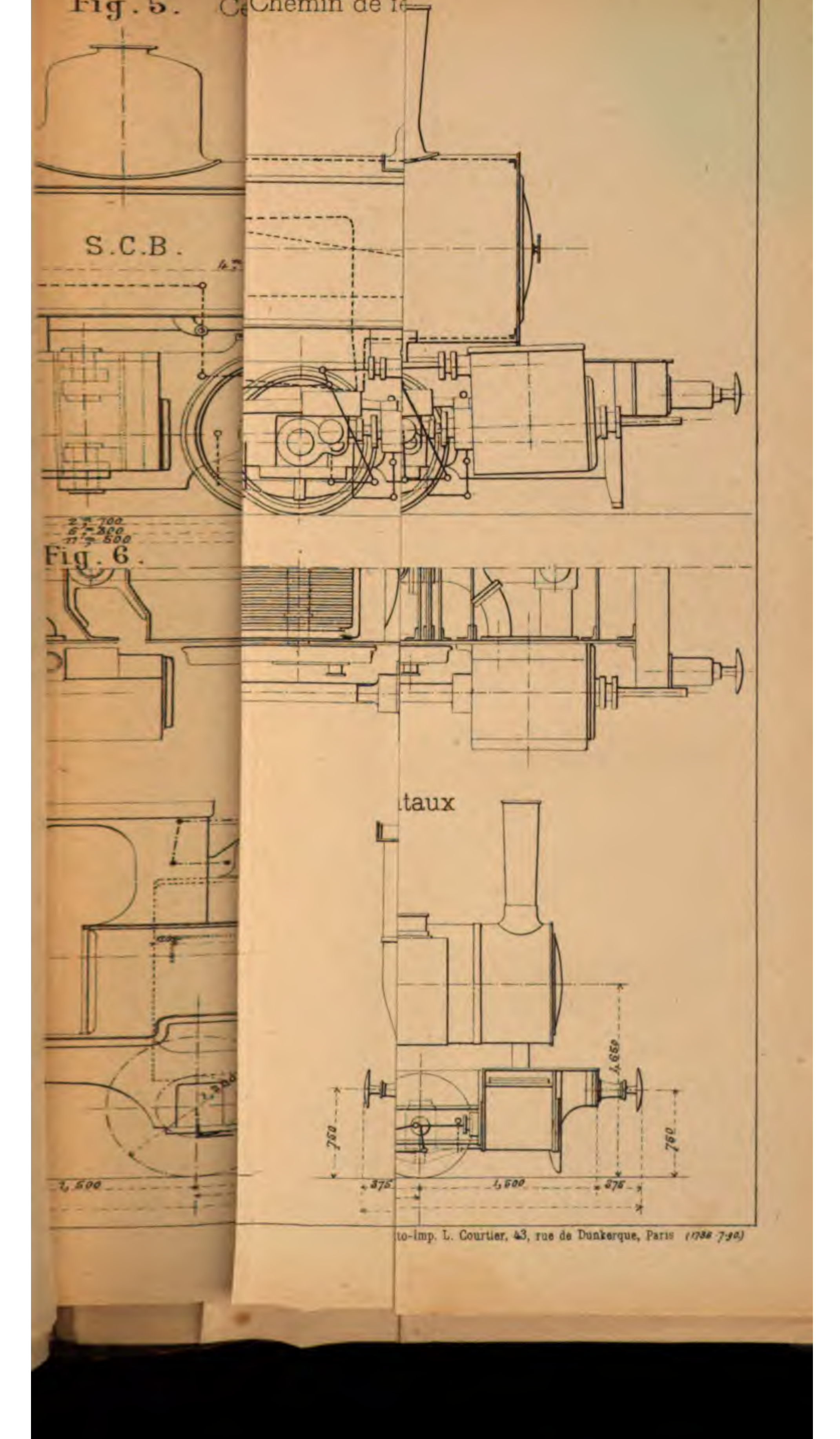
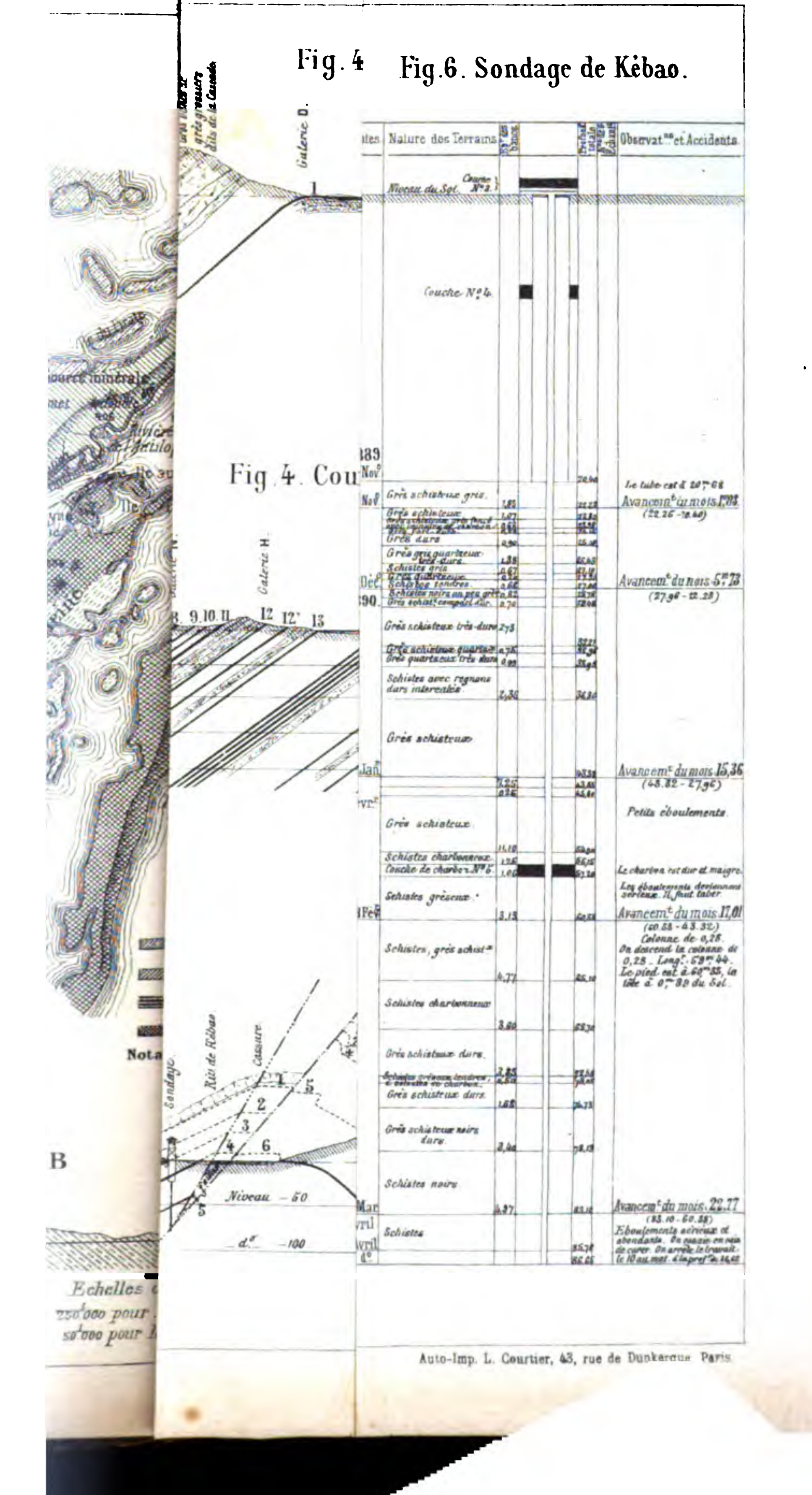
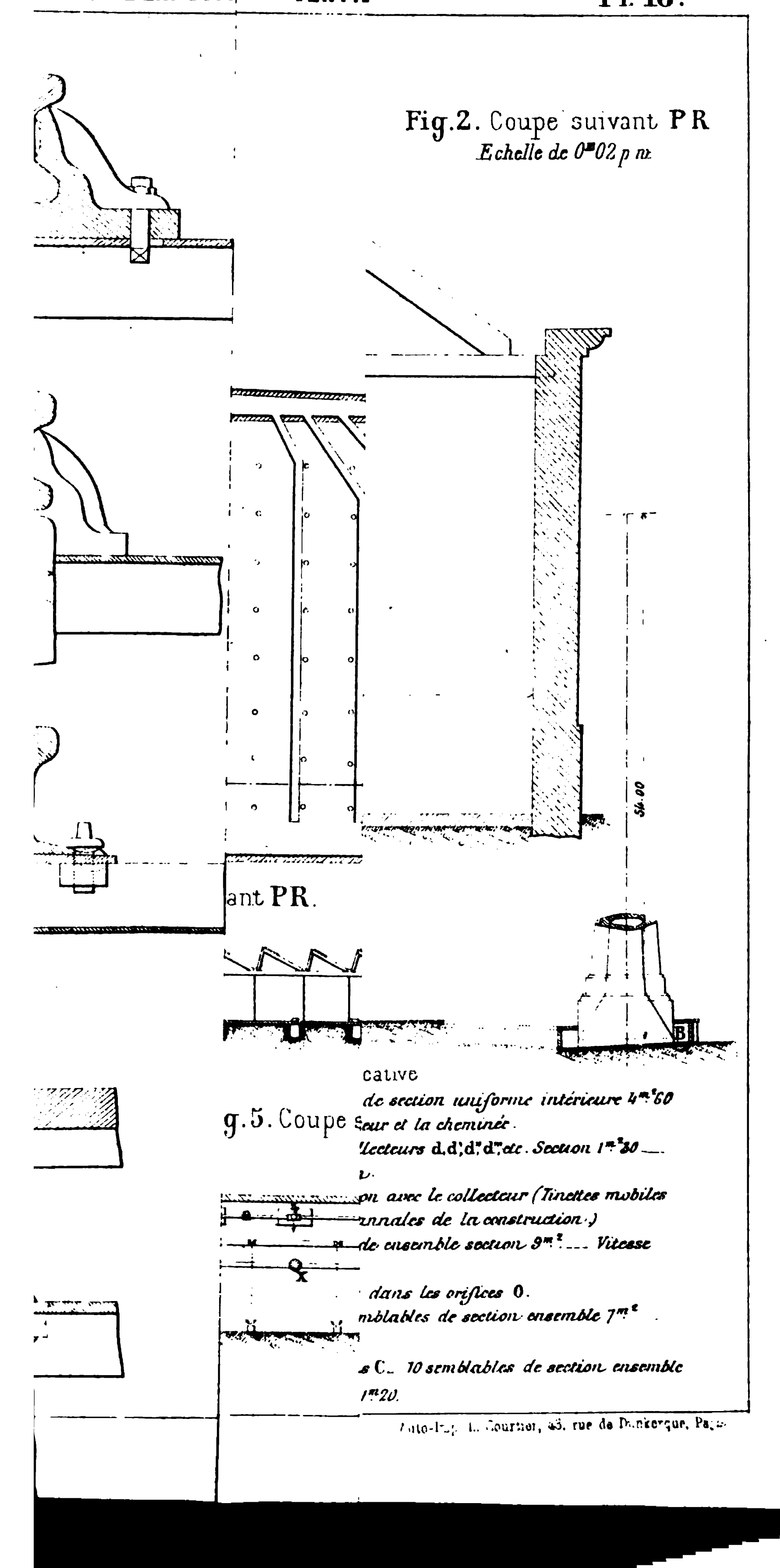
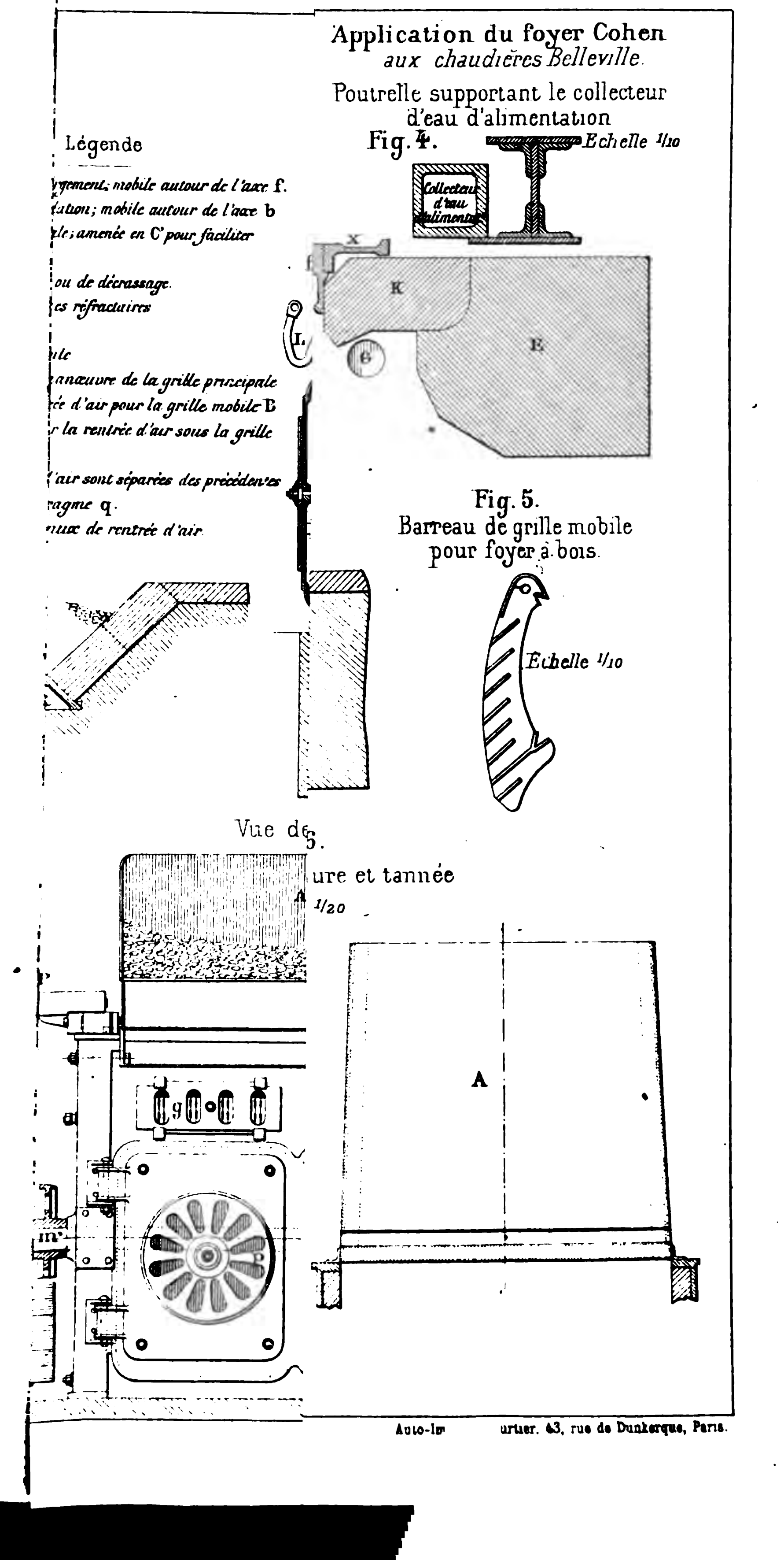


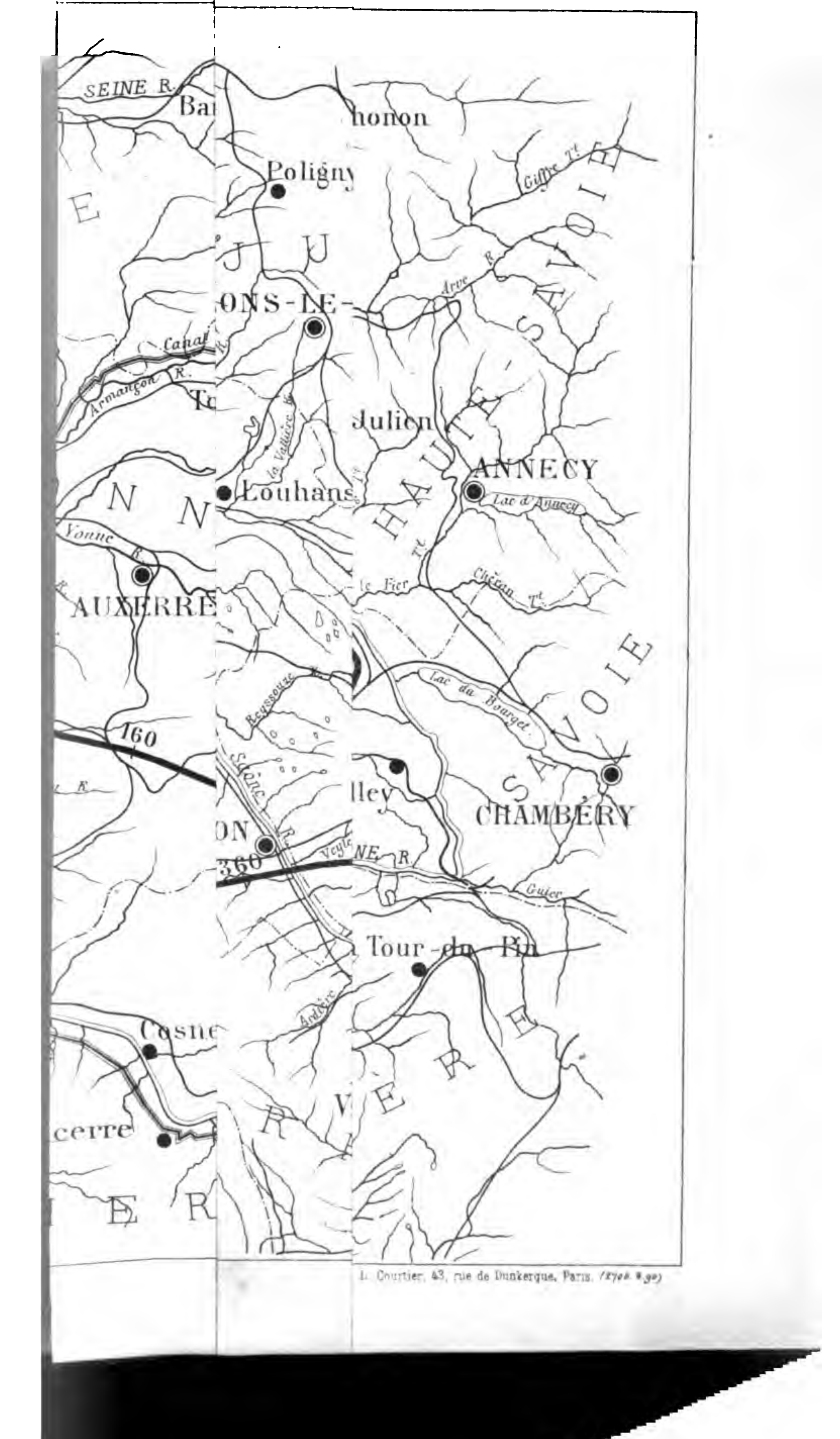
Fig. 5.
Chemin de fe
S.C.B.
Fig. 6.
taux
1,650
750
750
1,500
375
1,600
375
1,500
to-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris (1788 7.90)


Fig. 4
Fig. 6. Sondage de Kébao.
Galerie D.
Fig. 4. Cou
Galerie H.
8. 9.10.11. 12 12' 13
Nota
B
Sondage
Riv de Kébao
Cassure
1
2
3
4
5
6
Niveau - 50
d° - 100
Echelles
Nature des Terrains
Observatns et Accidents.
Niveau du Sol.
Couche N° 3.
Couche N° 4.
1889
Nov.
Déc.
1890.
Janr
Févr
Mar
Avril
d°
Grès schisteux gris.
Grès schisteux
Grès dure
Schistes gris
Schistes tendres.
Grès schisteux très-dure 2,73
Grès quartzeux très dure
Schistes avec rognons durs intercalés
Grès schisteux
Grès schisteux
Schistes charbonneux.
Couche de charbon N° 5.
Schistes grèseux.
Schistes, grès schist.
Schistes charbonneux
Grès schisteux dure.
Grès schisteux dure.
Grès schisteux noirs dure.
Schistes noirs
Schistes
1,83
1,07
0,90
1,38
0,67
0,66
0,82
0,70
0,76
0,92
2,36
11,10
1,25
0,26
1,06
3,15
4,77
3,60
2,85
1,65
2,44
4,97
85,78
86,65
Le tube est à 20m68
Avancemt du mois 1m93
(22.26 - 20.40)
Avancemt du mois 5m73
(27.96 - 22.23)
Avancemt du mois 15,36
(43.32 - 27.96)
Petits éboulements.
Le charbon est dur et maigre.
Les éboulements deviennent sérieux. Il faut tuber.
Avancemt du mois 17,01
(60.33 - 43.32)
Colonne de 0,28.
On descend la colonne de 0,28. Longr. 59m44.
Le pied est à 60m33, la tête à 0m80 du Sol.
Avancemt du mois 22,77
(83.10 - 60.33)
Eboulements sérieux et abondants. On essaie en vain de curer. On arrête le travail le 10 au mat. à la profr de 86,65
Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque Paris.

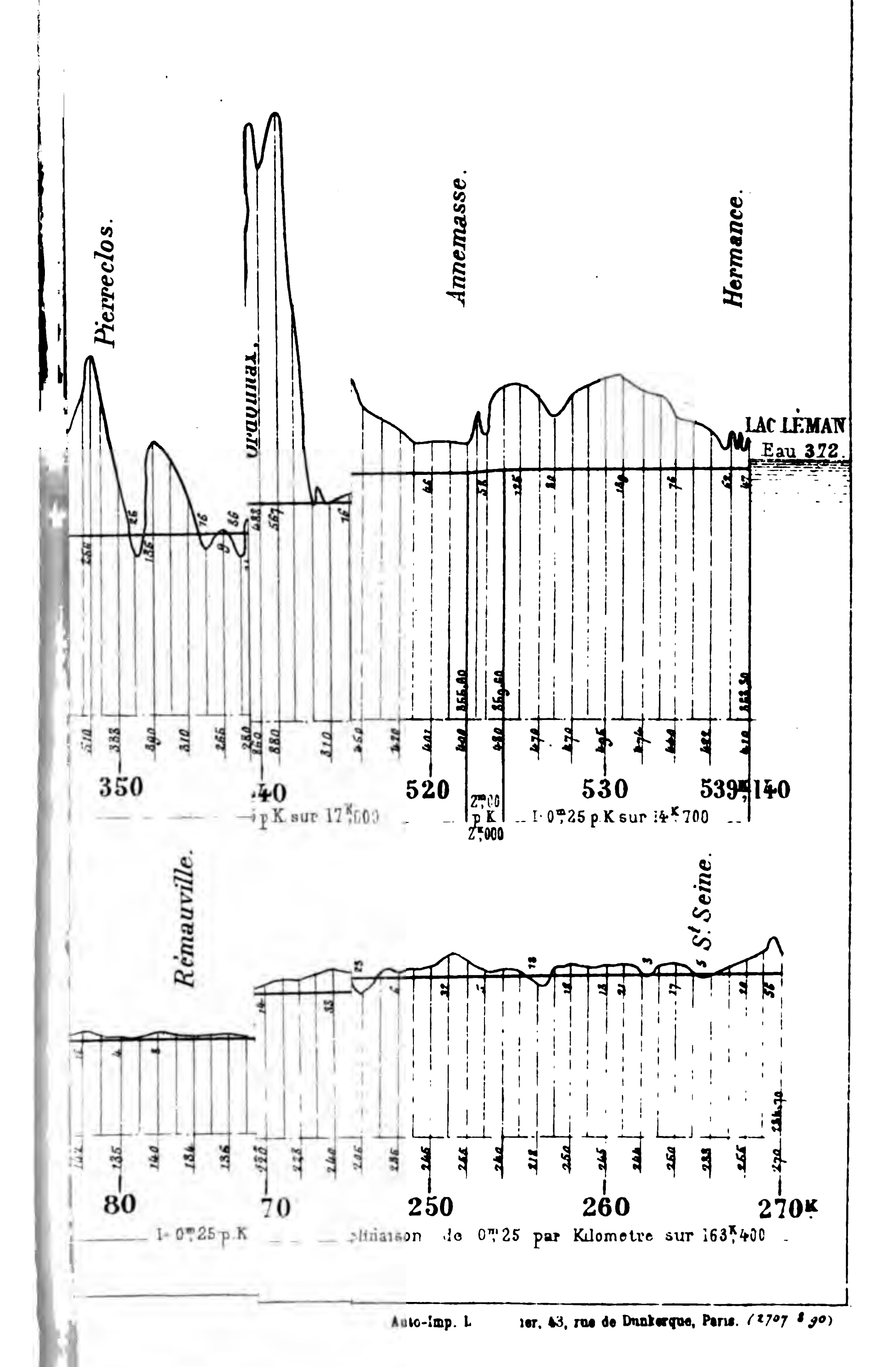


Pl. 18.
Fig.2. Coupe suivant PR
Echelle de 0m02 p m.
54.00
B
ant PR.
g.5. Coupe s
cative
de section uniforme intérieure 4m²60
eur et la cheminée.
llecteurs d.d'.d''.d'''etc. Section 1m²30 —
on avec le collecteur (Tinettes mobiles
nnales de la construction.)
de ensemble section 9m² — Vitesse
dans les orifices O.
mblables de section ensemble 7m²
s C. 10 semblables de section ensemble
1m20.
Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

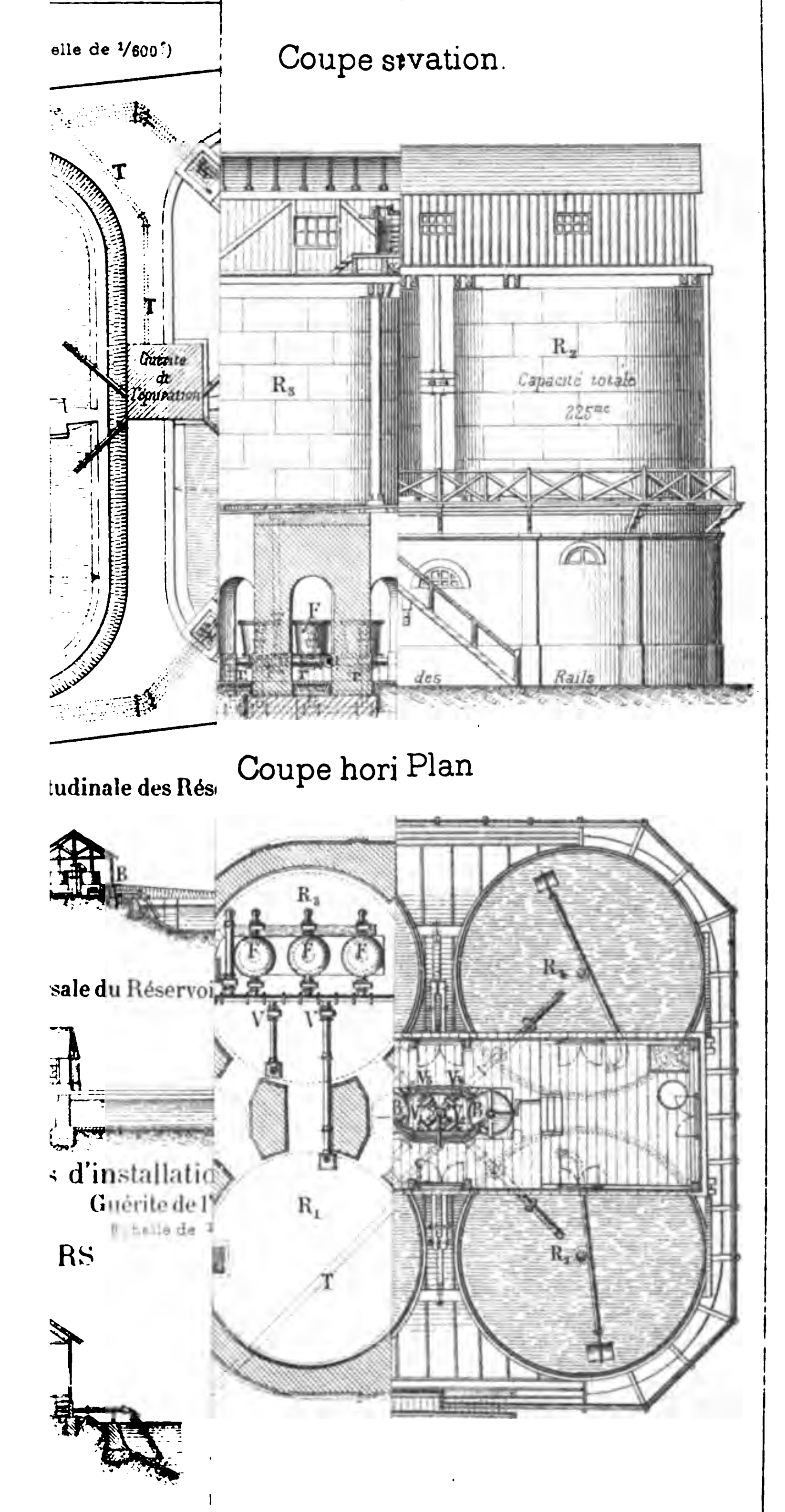

Application du foyer Cohen
aux chaudières Belleville.
Poutrelle supportant le collecteur d'eau d'alimentation
Fig. 4.
Echelle 1/10
Collecteur d'eau d'alimentation
Légende
Fig. 5.
Barreau de grille mobile pour foyer à bois.
Echelle 1/10
ure et tannée
A
Auto-Im urtier. 43, rue de Dunkerque, Paris.



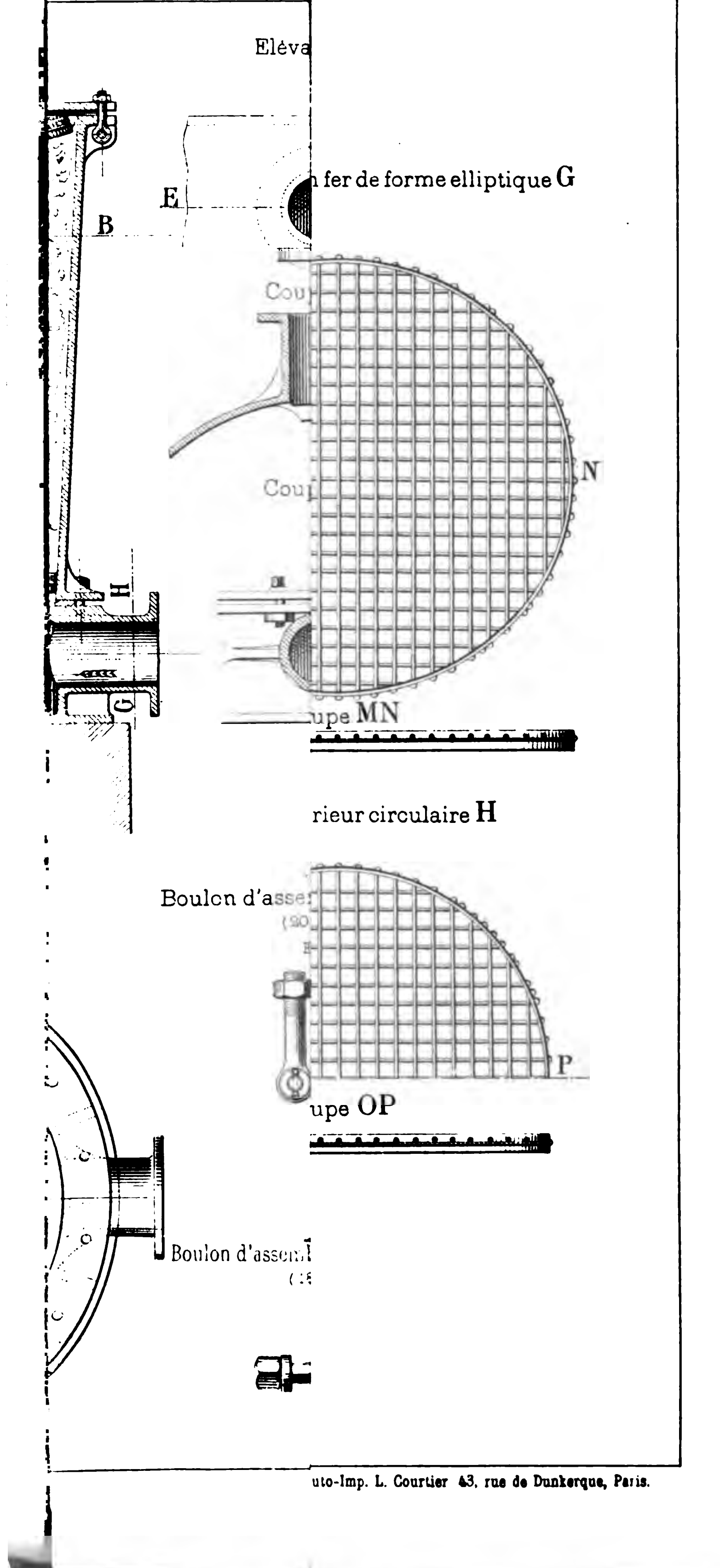
L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.



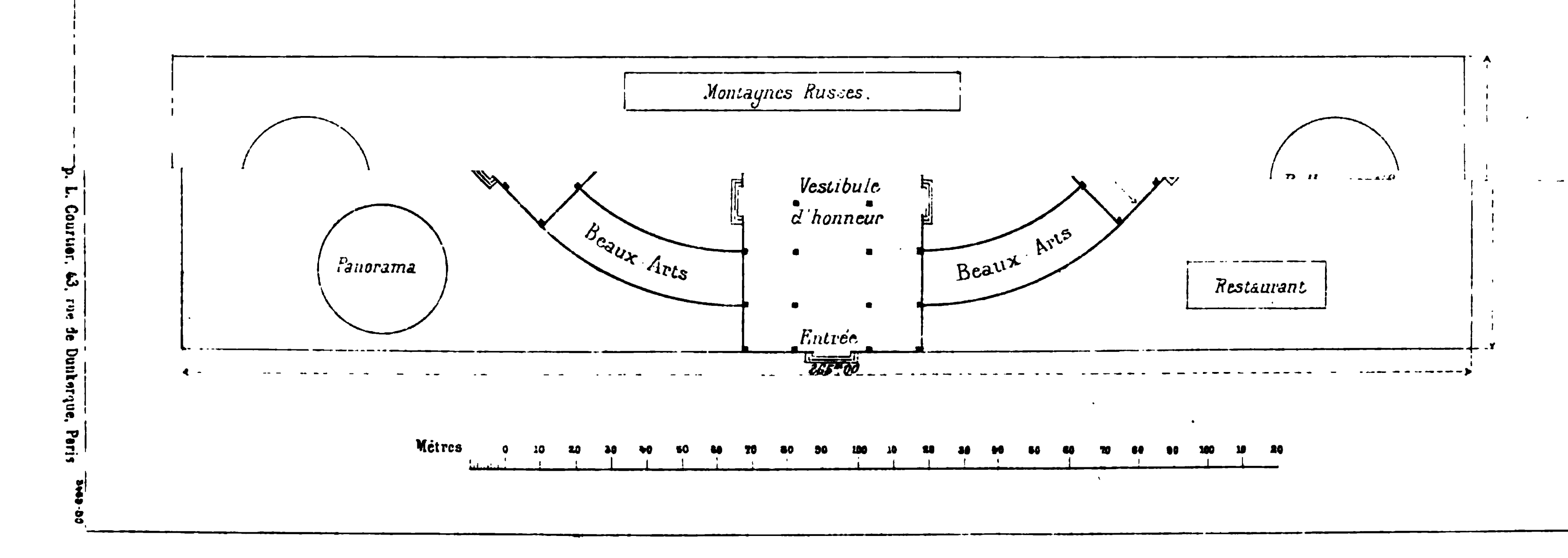
Auto-Imp. L ier, 43, rue de Dunkerque, Paris. (2707 8 90)



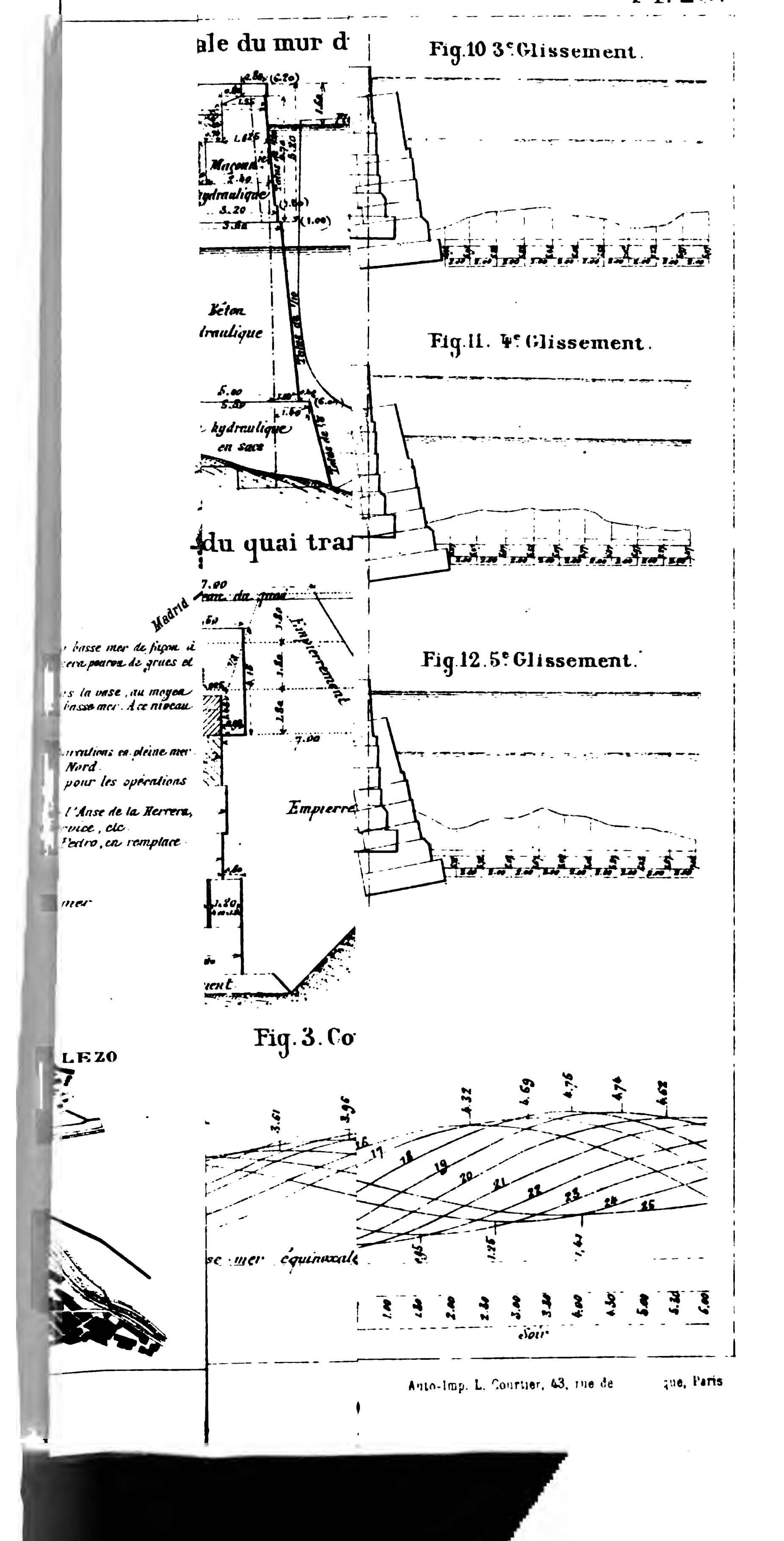
L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris. 3151-90

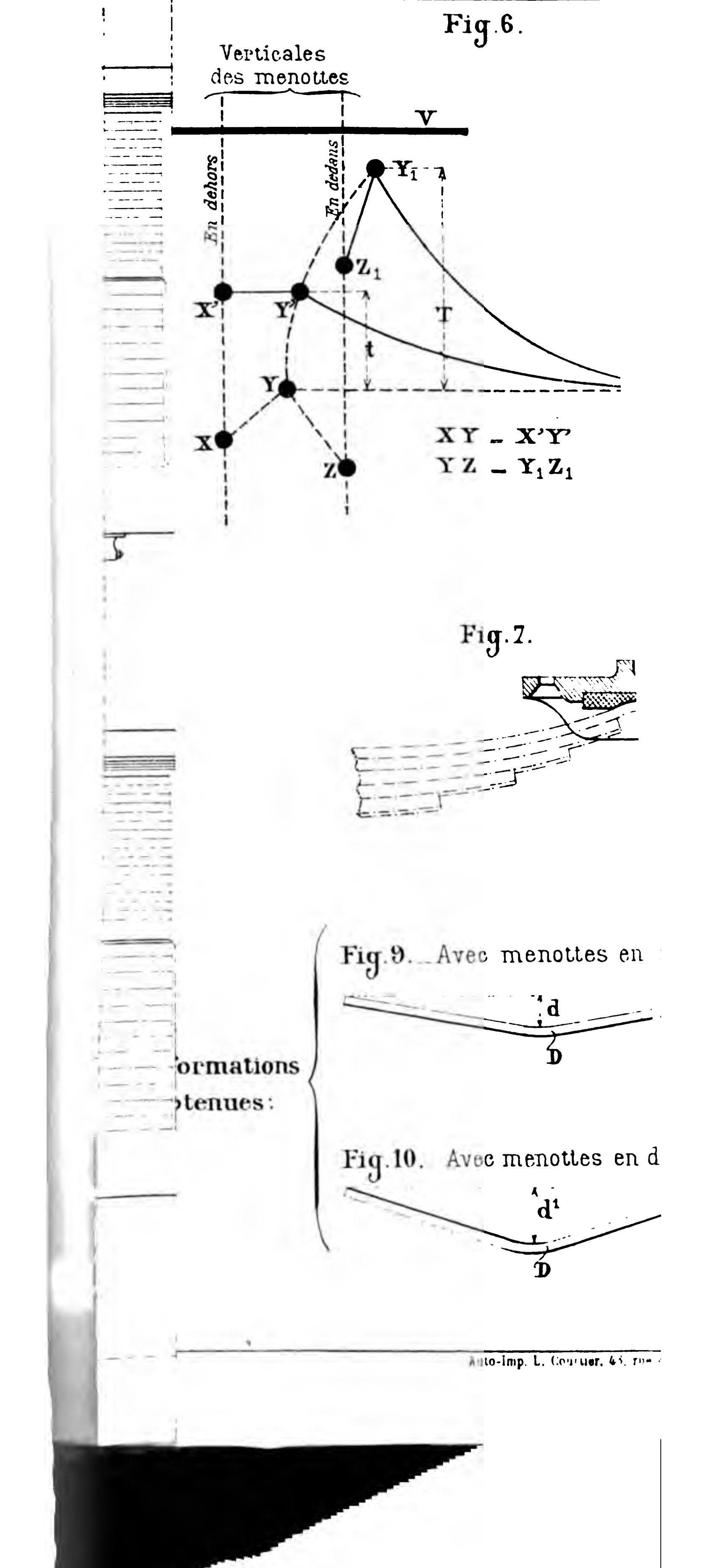


uto-Imp. L. Courtier 43, rue de Dunkerque, Paris.

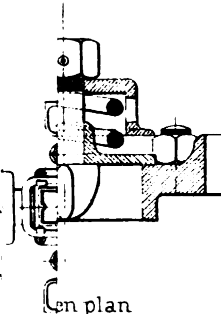


p. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris


ale du mur d
Fig.10 3e Glissement.
Maçonn.
hydraulique
Béton
hydraulique
hydraulique
en sacs
Fig.11. 4e Glissement.
du quai tra
Madrid
Empierre
Fig.12.5e Glissement.
basse mer de façon à
s la vase, au moyen
Nord.
pour les opérations
l'Anse de la Herrera,
LEZO
Fig.3.Co
mer équinoxale
Soir
Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de ... que, Paris


Fig.6.
Verticales
des menottes
V
En dehors
En dedans
Y_1
Z_1
X'
Y'
T
t
Y
X
Z
XY = X'Y'
YZ = Y_1Z_1
Fig.7.
Fig.9. Avec menottes en
d
D
ormations
btenues:
Fig.10. Avec menottes en d
d¹
D
Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue

toir du grand cylindre



LÉGENDE

Cylindres à vapeur	Diamètre du grand	692
	— dº — du petit	440
	Course des pistons	440
Pompe à air à simple effet	Diamètre	314
	Course	94
Pompes alimentaires	Nombre	2
	Diametre	89
	Course	78,5
Pompe de cale	Nombre	1
	Diametre	89
	Course	78.5

Angle de calage des excentriques marche AV & marche AR petit cylindre ... 41

Courses des excentriques marche AV & marche AR petit cylindre ... 30

Angle de calage des excentriques marche AV & marche AR grand cylindre ... 41

Course des excentriques marche AV & marche AR grand cylindre ... 130

Course de l'excentrique actionnant les pompes alimentaires & de cale ... 126

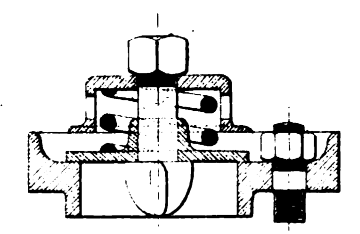
N. B. Le rayon d'excentricité de cet excentrique est parallele à la manivelle **B. P.** & du même côté de l'axe.

L'excentrique des pompes alimentaires & de cale et les excentriques marche AV & AR du grand cylindre sont fixés avec la même clavette.

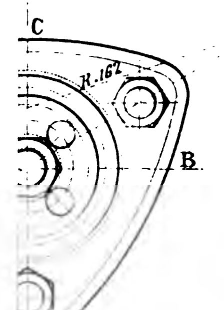
...es de sûreté modifiées pour petits cylindres

...vant AB

Coupe suivant CD

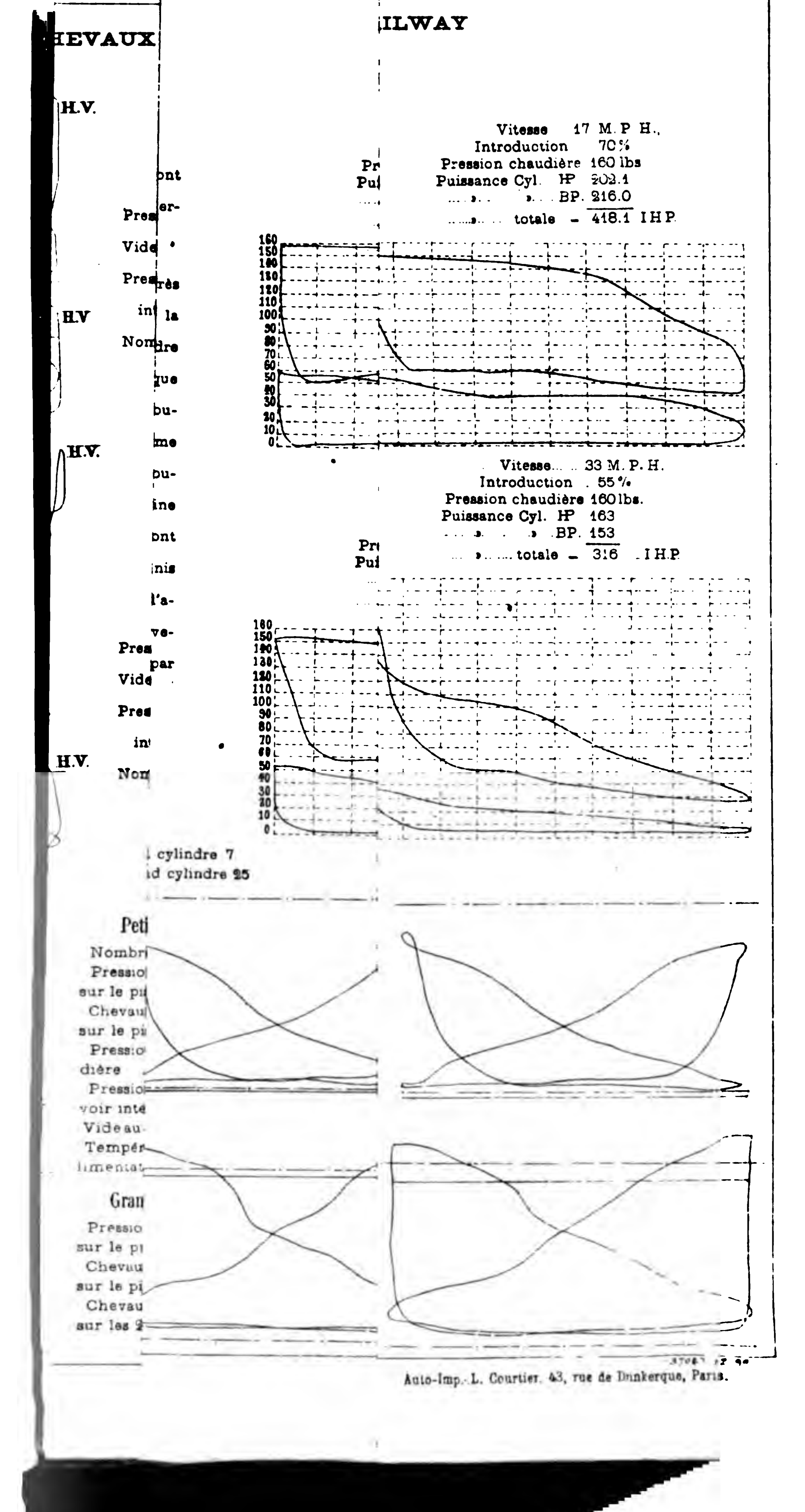


...en plan



Echelle de 0m33 p. m

Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.



HEVAUX
ILWAY
H.V.
Vitesse 17 M. P. H.
Introduction 70 %
Pression chaudière 160 lbs
Puissance Cyl. HP 202.1
BP. 216.0
totale - 418.1 I H P
160
150
140
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Vitesse 33 M. P. H.
Introduction 55 %
Pression chaudière 160 lbs.
Puissance Cyl. HP 163
BP. 153
totale - 316 I H P
cylindre 7
d cylindre 25
Peti
Nombr
Pressio
sur le pi
Chevau
sur le pi
Pressio
dière
Pressio
voir inté
Vide au
Tempér
limentat
Gran
Pressio
sur le pi
Chevau
sur le pi
Chevau
sur les 2
Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.